

**VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNG
DER WIRKUNGEN EINES SAUNABADES
SOWIE EINES BADES
IM HOT WHIRLPOOL AUF KÖRPERTEMPERATUR,
HERZ-KREISLAUF-PARAMETER UND
PSYCHISCHES BEFINDEN**

Dieter Scheich



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem
Institut für Medizinische Balneologie und Klimatologie der
Universität München

Vorstand: Prof. Dr. med. H. Drexel

**VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNG
DER WIRKUNGEN EINES SAUNABADES
SOWIE EINES BADES
IM HOT WHIRLPOOL AUF KÖRPERTEMPORATUR,
HERZ-KREISLAUF-PARAMETER UND PSYCHISCHES BEFINDEN**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Dieter Scheich
aus München

1986

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: .. Prof. Dr. H. Drexel ..
.....

Mitberichterstatter: .. Prof. Dr. E. Erdmann ..
.....

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: .. Dr. A. Gehrke ..

Dekan: .. Prof. Dr. W. Spann ..

Tag der mündlichen Prüfung: .. 05.02.1987 ..

INHALT

1. Einleitung	1
2. Aufgaben und Ziele der Arbeit	2
3. Beschreibung der Arbeit	3
4. Ergebnisse	4
5. Diskussion	5
6. Zusammenfassung	6
7. Literaturverzeichnis	7
8. Anhang	8
9. Bibliographie	9
10. Glossar	10
11. Index	11
12. Literaturverzeichnis	12
13. Anhang	13
14. Bibliographie	14
15. Glossar	15
16. Index	16
17. Literaturverzeichnis	17
18. Anhang	18
19. Bibliographie	19
20. Glossar	20
21. Index	21
22. Literaturverzeichnis	22
23. Anhang	23
24. Bibliographie	24
25. Glossar	25
26. Index	26
27. Literaturverzeichnis	27
28. Anhang	28
29. Bibliographie	29
30. Glossar	30
31. Index	31
32. Literaturverzeichnis	32
33. Anhang	33
34. Bibliographie	34
35. Glossar	35
36. Index	36
37. Literaturverzeichnis	37
38. Anhang	38
39. Bibliographie	39
40. Glossar	40
41. Index	41
42. Literaturverzeichnis	42
43. Anhang	43
44. Bibliographie	44
45. Glossar	45
46. Index	46
47. Literaturverzeichnis	47
48. Anhang	48
49. Bibliographie	49
50. Glossar	50
51. Index	51
52. Literaturverzeichnis	52
53. Anhang	53
54. Bibliographie	54
55. Glossar	55
56. Index	56
57. Literaturverzeichnis	57
58. Anhang	58
59. Bibliographie	59
60. Glossar	60
61. Index	61
62. Literaturverzeichnis	62
63. Anhang	63
64. Bibliographie	64
65. Glossar	65
66. Index	66
67. Literaturverzeichnis	67
68. Anhang	68
69. Bibliographie	69
70. Glossar	70
71. Index	71
72. Literaturverzeichnis	72
73. Anhang	73
74. Bibliographie	74
75. Glossar	75
76. Index	76
77. Literaturverzeichnis	77
78. Anhang	78
79. Bibliographie	79
80. Glossar	80
81. Index	81
82. Literaturverzeichnis	82
83. Anhang	83
84. Bibliographie	84
85. Glossar	85
86. Index	86
87. Literaturverzeichnis	87
88. Anhang	88
89. Bibliographie	89
90. Glossar	90
91. Index	91
92. Literaturverzeichnis	92
93. Anhang	93
94. Bibliographie	94
95. Glossar	95
96. Index	96
97. Literaturverzeichnis	97
98. Anhang	98
99. Bibliographie	99
100. Glossar	100
101. Index	101
102. Literaturverzeichnis	102
103. Anhang	103
104. Bibliographie	104
105. Glossar	105
106. Index	106
107. Literaturverzeichnis	107
108. Anhang	108
109. Bibliographie	109
110. Glossar	110
111. Index	111
112. Literaturverzeichnis	112
113. Anhang	113
114. Bibliographie	114
115. Glossar	115
116. Index	116
117. Literaturverzeichnis	117
118. Anhang	118
119. Bibliographie	119
120. Glossar	120
121. Index	121
122. Literaturverzeichnis	122
123. Anhang	123
124. Bibliographie	124
125. Glossar	125
126. Index	126
127. Literaturverzeichnis	127
128. Anhang	128
129. Bibliographie	129
130. Glossar	130
131. Index	131
132. Literaturverzeichnis	132
133. Anhang	133
134. Bibliographie	134
135. Glossar	135
136. Index	136
137. Literaturverzeichnis	137
138. Anhang	138
139. Bibliographie	139
140. Glossar	140
141. Index	141
142. Literaturverzeichnis	142
143. Anhang	143
144. Bibliographie	144
145. Glossar	145
146. Index	146
147. Literaturverzeichnis	147
148. Anhang	148
149. Bibliographie	149
150. Glossar	150
151. Index	151
152. Literaturverzeichnis	152
153. Anhang	153
154. Bibliographie	154
155. Glossar	155
156. Index	156
157. Literaturverzeichnis	157
158. Anhang	158
159. Bibliographie	159
160. Glossar	160
161. Index	161
162. Literaturverzeichnis	162
163. Anhang	163
164. Bibliographie	164
165. Glossar	165
166. Index	166
167. Literaturverzeichnis	167
168. Anhang	168
169. Bibliographie	169
170. Glossar	170
171. Index	171
172. Literaturverzeichnis	172
173. Anhang	173
174. Bibliographie	174
175. Glossar	175
176. Index	176
177. Literaturverzeichnis	177
178. Anhang	178
179. Bibliographie	179
180. Glossar	180
181. Index	181
182. Literaturverzeichnis	182
183. Anhang	183
184. Bibliographie	184
185. Glossar	185
186. Index	186
187. Literaturverzeichnis	187
188. Anhang	188
189. Bibliographie	189
190. Glossar	190
191. Index	191
192. Literaturverzeichnis	192
193. Anhang	193
194. Bibliographie	194
195. Glossar	195
196. Index	196
197. Literaturverzeichnis	197
198. Anhang	198
199. Bibliographie	199
200. Glossar	200
201. Index	201
202. Literaturverzeichnis	202
203. Anhang	203
204. Bibliographie	204
205. Glossar	205
206. Index	206
207. Literaturverzeichnis	207
208. Anhang	208
209. Bibliographie	209
210. Glossar	210
211. Index	211
212. Literaturverzeichnis	212
213. Anhang	213
214. Bibliographie	214
215. Glossar	215
216. Index	216
217. Literaturverzeichnis	217
218. Anhang	218
219. Bibliographie	219
220. Glossar	220
221. Index	221
222. Literaturverzeichnis	222
223. Anhang	223
224. Bibliographie	224
225. Glossar	225
226. Index	226
227. Literaturverzeichnis	227
228. Anhang	228
229. Bibliographie	229
230. Glossar	230
231. Index	231
232. Literaturverzeichnis	232
233. Anhang	233
234. Bibliographie	234
235. Glossar	235
236. Index	236
237. Literaturverzeichnis	237
238. Anhang	238
239. Bibliographie	239
240. Glossar	240
241. Index	241
242. Literaturverzeichnis	242
243. Anhang	243
244. Bibliographie	244
245. Glossar	245
246. Index	246
247. Literaturverzeichnis	247
248. Anhang	248
249. Bibliographie	249
250. Glossar	250
251. Index	251
252. Literaturverzeichnis	252
253. Anhang	253
254. Bibliographie	254
255. Glossar	255
256. Index	256
257. Literaturverzeichnis	257
258. Anhang	258
259. Bibliographie	259
260. Glossar	260
261. Index	261
262. Literaturverzeichnis	262
263. Anhang	263
264. Bibliographie	264
265. Glossar	265
266. Index	266
267. Literaturverzeichnis	267
268. Anhang	268
269. Bibliographie	269
270. Glossar	270
271. Index	271
272. Literaturverzeichnis	272
273. Anhang	273
274. Bibliographie	274
275. Glossar	275
276. Index	276
277. Literaturverzeichnis	277
278. Anhang	278
279. Bibliographie	279
280. Glossar	280
281. Index	281
282. Literaturverzeichnis	282
283. Anhang	283
284. Bibliographie	284
285. Glossar	285
286. Index	286
287. Literaturverzeichnis	287
288. Anhang	288
289. Bibliographie	289
290. Glossar	290
291. Index	291
292. Literaturverzeichnis	292
293. Anhang	293
294. Bibliographie	294
295. Glossar	295
296. Index	296
297. Literaturverzeichnis	297
298. Anhang	298
299. Bibliographie	299
300. Glossar	300
301. Index	301
302. Literaturverzeichnis	302
303. Anhang	303
304. Bibliographie	304
305. Glossar	305
306. Index	306
307. Literaturverzeichnis	307
308. Anhang	308
309. Bibliographie	309
310. Glossar	310
311. Index	311
312. Literaturverzeichnis	312
313. Anhang	313
314. Bibliographie	314
315. Glossar	315
316. Index	316
317. Literaturverzeichnis	317
318. Anhang	318
319. Bibliographie	319
320. Glossar	320
321. Index	321
322. Literaturverzeichnis	322
323. Anhang	323
324. Bibliographie	324
325. Glossar	325
326. Index	326
327. Literaturverzeichnis	327
328. Anhang	328
329. Bibliographie	329
330. Glossar	330
331. Index	331
332. Literaturverzeichnis	332
333. Anhang	333
334. Bibliographie	334
335. Glossar	335
336. Index	336
337. Literaturverzeichnis	337
338. Anhang	338
339. Bibliographie	339
340. Glossar	340
341. Index	341
342. Literaturverzeichnis	342
343. Anhang	343
344. Bibliographie	344
345. Glossar	345
346. Index	346
347. Literaturverzeichnis	347
348. Anhang	348
349. Bibliographie	349
350. Glossar	350
351. Index	351
352. Literaturverzeichnis	352
353. Anhang	353
354. Bibliographie	354
355. Glossar	355
356. Index	356
357. Literaturverzeichnis	357
358. Anhang	358
359. Bibliographie	359
360. Glossar	360
361. Index	361
362. Literaturverzeichnis	362
363. Anhang	363
364. Bibliographie	364
365. Glossar	365
366. Index	366
367. Literaturverzeichnis	367
368. Anhang	368
369. Bibliographie	369
370. Glossar	370
371. Index	371
372. Literaturverzeichnis	372
373. Anhang	373
374. Bibliographie	374
375. Glossar	375
376. Index	376
377. Literaturverzeichnis	377
378. Anhang	378
379. Bibliographie	379
380. Glossar	380
381. Index	381
382. Literaturverzeichnis	382
383. Anhang	383
384. Bibliographie	384
385. Glossar	385
386. Index	386
387. Literaturverzeichnis	387
388. Anhang	388
389. Bibliographie	389
390. Glossar	390
391. Index	391
392. Literaturverzeichnis	392
393. Anhang	393
394. Bibliographie	394
395. Glossar	395
396. Index	396
397. Literaturverzeichnis	397
398. Anhang	398
399. Bibliographie	399
400. Glossar	400
401. Index	401
402. Literaturverzeichnis	402
403. Anhang	403
404. Bibliographie	404
405. Glossar	405
406. Index	406
407. Literaturverzeichnis	407
408. Anhang	408
409. Bibliographie	409
410. Glossar	410
411. Index	411
412. Literaturverzeichnis	412
413. Anhang	413
414. Bibliographie	414
415. Glossar	415
416. Index	416
417. Literaturverzeichnis	417
418. Anhang	418
419. Bibliographie	419
420. Glossar	420
421. Index	421
422. Literaturverzeichnis	422
423. Anhang	423
424. Bibliographie	424
425. Glossar	425
426. Index	426
427. Literaturverzeichnis	427
428. Anhang	428
429. Bibliographie	429
430. Glossar	430
431. Index	431
432. Literaturverzeichnis	432
433. Anhang	433
434. Bibliographie	434
435. Glossar	435
436. Index	436
437. Literaturverzeichnis	437
438. Anhang	438
439. Bibliographie	439
440. Glossar	440
441. Index	441
442. Literaturverzeichnis	442
443. Anhang	443
444. Bibliographie	444
445. Glossar	445
446. Index	446
447. Literaturverzeichnis	447
448. Anhang	448
449. Bibliographie	449
450. Glossar	450
451. Index	451
452. Literaturverzeichnis	452
453. Anhang	453
454. Bibliographie	454
455. Glossar	455
456. Index	456
457. Literaturverzeichnis	457
458. Anhang	458
459. Bibliographie	459
460. Glossar	460
461. Index	461
462. Literaturverzeichnis	462
463. Anhang	463
464. Bibliographie	464
465. Glossar	465
466. Index	466
467. Literaturverzeichnis	467
468. Anhang	468
469. Bibliographie	469
470. Glossar	470
471. Index	471
472. Literaturverzeichnis	472
473. Anhang	473
474. Bibliographie	474
475. Glossar	475
476. Index	476
477. Literaturverzeichnis	477
478. Anhang	478
479. Bibliographie	479
480. Glossar	480
481. Index	481
482. Literaturverzeichnis	482
483. Anhang	483
484. Bibliographie	484
485. Glossar	485
486. Index	486
487. Literaturverzeichnis	487
488. Anhang	488
489. Bibliographie	489
490. Glossar	490
491. Index	491
492. Literaturverzeichnis	492
493. Anhang	493
494. Bibliographie	494
495. Glossar	495
496. Index	496
497. Literaturverzeichnis	497
498. Anhang	498
499. Bibliographie	499
500. Glossar	500
501. Index	501
502. Literaturverzeichnis	502
503. Anhang	503
504. Bibliographie	504
505. Glossar	505
506. Index	506
507. Literaturverzeichnis	507
508. Anhang	508
509. Bibliographie	509
510. Glossar	510
511. Index	511
512. Literaturverzeichnis	512
513. Anhang	513
514. Bibliographie	514
515. Glossar	515
516. Index	516
517. Literaturverzeichnis	517
518. Anhang	518
519. Bibliographie	519
520. Glossar	520
521. Index	521
522. Literaturverzeichnis	522
523. Anhang	523
524. Bibliographie	524
525. Glossar	525
526. Index	526
527. Literaturverzeichnis	527
528. Anhang	528
529. Bibliographie	529
530. Glossar	530
531. Index	531
532. Literaturverzeichnis	532
533. Anhang	533
534. Bibliographie	534
535. Glossar	535
536. Index	536
537. Literaturverzeichnis	537
538. Anhang	538
539. Bibliographie	539
540. Glossar	540
541. Index	541
542. Literaturverzeichnis	542
543. Anhang	543
544. Bibliographie	544
545. Glossar	545
546. Index	546
547. Literaturverzeichnis	547
548. Anhang	548
549. Bibliographie	549
550. Glossar</	

I n h a l t s v e r z e i c h n i s

	Seite
1. EINLEITUNG	1
1.1. Aufgaben- und Problemstellung	3
1.2. Literaturübersicht	9
 2. METHODIK	 13
2.1. Zeitplan	13
2.2. Versuchspersonen	13
2.3. Versuchsraum	14
2.4. Material	14
2.4.1. Hot Whirlpool	14
2.4.2. Sauna	15
2.4.3. Tauchbad	15
2.5. Gemessene Parameter	16
2.5.1. Rektaltemperatur	16
2.5.2. Hauttemperatur	16
2.5.3. Herzfrequenz	17
2.5.4. Blutdruck	17
2.5.5. Orthostasetest	17
2.5.6. Subjektives Wohlbefinden und Temperaturempfindung	17
2.5.7. Reaktionszeit	18
2.6. Versuchsablauf	22
2.7. Statistische Auswertung	25

3. ERGEBNISSE	26
3.1. Rektaltemperatur	26
3.2. Hauttemperatur	28
3.2.1. Hauttemperaturänderung nach dem Bad	28
3.2.2. Hauttemperaturänderung durch das Tauchbad	28
3.2.3. Hauttemperaturanstieg nach dem Tauchbad	29
3.2.4. Hauttemperatur HWP 36° C	30
3.2.5. Hauttemperatur HWP 40° C	31
3.2.6. Hauttemperatur Sauna 80° C	32
3.2.7. Hauttemperatur Sauna 90° C	33
3.3. Herzfrequenz	34
3.3.1. HWP 36° C	34
3.3.2. HWP 40° C	34
3.3.3. Sauna 80° C	34
3.3.4. Sauna 90° C	34
3.4. Blutdruck, Blutdruckamplitude	36
3.4.1. HWP 36° C	36
3.4.2. HWP 40° C	36
3.4.3. Sauna 80° C	36
3.4.4. Sauna 90° C	36
3.5. Orthostasetest	38
3.5.1. HWP 36° C	38
3.5.2. HWP 40° C	39
3.5.3. Sauna 80° C	40
3.5.4. Sauna 90° C	41
3.6. Subjektives Wohlbefinden und Temperaturempfindung	42
3.7. Latenzzeit, Reaktionszeit	44

	Seite
4. DISKUSSION	47
4.1. Diskussion der einzelnen Parameter	47
4.1.1 Rektaltemperatur	47
4.1.2 Hauttemperatur	54
4.1.3 Herzfrequenz	56
4.1.4 Blutdruck, Blutdruckamplitude	60
4.1.5 Orthostasetest	63
4.1.6 Subjektives Wohlbefinden und Temperaturempfinden	66
4.1.7 Latenzzeit, Reaktionszeit	68
4.2. Gesamtbetrachtende Beurteilung	72
4.3. Kritik der Methode	75
5. ZUSAMMENFASSUNG	77
6. LITERATUR	79
7. ANHANG	84
7.1. Bildanhang	84
7.1.1. Messung der Reaktionszeit	84
7.1.2. Orthostasetest auf der schwenkbaren Liege	85
7.1.3. Blutentnahme, Puls- und Blut- druckkontrolle im Hot Whirlpool	86
7.2. Ausgangsdaten	87
7.2.1. Versuchspersonen	87
7.2.2. Rektaltemperatur	88
7.2.3. Hauttemperatur	92
7.2.4. Herzfrequenz	96
7.2.5. Blutdruck	97
7.2.6. Orthostasetest	98

DANKSAGUNG

LEBENSLAUF

. . .

1. EINLEITUNG

In jüngster Zeit findet in Deutschland eine neue Form des Freizeit- und Unterhaltungsbades zunehmende Verbreitung und Beliebtheit. Der "Hot Whirlpool Spa", eine erstmals 1961 in den USA vorgestellte Weiterentwicklung des 1904 von SENATOR und FRANKENHÄUSER beschriebenen Luftsprudelbades, ist ein hyperthermes Wasservollbad, in dem ein Luftstrom unter atmosphärischem Überdruck in das Badewasser geleitet wird, um es in eine wallende Bewegung, ähnlich der des kochenden Wassers, zu versetzen.

Da diese Geräte von der Industrie auch so dimensioniert werden, daß mehrere Menschen gleichzeitig darin baden können, scheint bei der Verbreitung vor allem in Hotels, Freizeit- und Sportzentren ebenfalls ein kommunikativer Aspekt eine Rolle zu spielen.

Analysiert man die Werbebehauptungen der Hersteller von solchen Bädern, lassen sie sich auf folgende Aussagen zusammenfassen:

Der Hot Whirlpool (HWP) bietet Entspannung, Erholung, Abhärtung und "Fitsein". Diese dargebotenen Aussagen zu den Wirkungen eines Bades im HWP sind fast identisch mit der Motivation zum Saunabaden der deutschen Bevölkerung. Nach einer von FRITSCHKE (1979) durchgeführten Befragung von Saunabesuchern in Deutschland nannten 71 % der Badenden "Entspannung und Erholung" als Zielsetzung beim Saunabad, gefolgt von Abhärtung (62 %) sowie "Fitsein und Leistungssteigerung" (41 %).

Neben diesen allgemeinen Effekten des Luftsprudelbades wird von der Werbung auch eine Vielzahl von medizinischen Indikationen für ein Hot Whirlpoolbad angegeben. Dabei finden sich unter anderem Durchblutungsstörungen, Hypertonie, Hypotonie, ja sogar Virusinfekte. Diese von der Werbung beschriebenen Indikationen für ein Luftsprudelbad weisen eine

große Ähnlichkeit auf mit den von der Ärztekonzferenz des IV. Internationalen Sauna-Kongresses festgelegten Hauptindikationsgruppen für eine begleitende, unterstützende Therapie durch das Saunabad. Diese Indikationsgruppen sind nach FRITSCH (1974) unspezifische Erkrankungen der oberen Atemwege, nicht aktiver chronischer Rheumatismus, periphere Durchblutungsstörungen sowie hypertone und hypotone Regulationsstörungen des Blutkreislaufs.

Diese dem HWP ebenfalls zugeschriebenen medizinischen Anwendungsgebiete sind für diese Badeform bisher nicht ausreichend untersucht und verifiziert worden. Somit stellt sich für den Arzt die Frage, ob dem HWP eine ähnliche therapeutische Qualität beigemessen werden kann wie der Sauna, die in der physikalischen Therapie weitgehend untersucht worden ist (Literaturübersicht bei FRITSCH 1974).

Seit SENATOR und FRANKENHÄUSER (1904) existieren im Schrifttum zwar zahlreiche Veröffentlichungen über die Wirkungen von Luftperl- und Luftsprudelbädern, jedoch können die Kenntnisse physiologischer Effekte dieser Bäder nur bedingt auf den HWP angewandt werden. Das Luftsprudelbad zeigt bedingt unterschiedliche Konstruktionsmerkmale (Größe, Wassertiefe), eine andere Position des Badenden (Eintauchtiefe) sowie einen erheblich niedrigeren Luftdurchsatz und Strömungsgeschwindigkeit gegenüber dem HWP. Weiterhin wird im HWP eine vorgewählte Temperatur durch eine thermostatgesteuerte Badewasserheizung weitgehend konstant gehalten.

Am Institut für Medizinische Balneologie und Klimatologie der Universität München wurde 1982 eine Versuchsreihe durchgeführt, die unter praktischen Bedingungen physiologische und psychophysiologische Effekte der Sauna, des Dampfbades und des Hot Whirlpools untersuchte. Die vorliegende Arbeit stellt einen Teil dieser vergleichenden Studie dar. Weitere Ergebnisse sind bereits veröffentlicht (GEHRKE 1982); ULBERT 1982) bzw. in Bearbeitung.

1.1. AUFGABEN- UND PROBLEMSTELLUNG

Nach DREXEL (1963) sind für die Wärmeübertragung durch die Körperoberfläche, neben dem Temperaturgradienten (Körperschale - Bademedium) und dem Wärmedurchgangswiderstand des Organismus, die thermophysikalischen Faktoren der Körperumgebung mitbestimmend. Der Unterschied des Wärmeaustausches zwischen Körper und Luft bzw. Körper und Wasser besteht im wesentlichen im Überwiegen der konvektiven Wärmeübertragung im Wasser gegenüber dem vorwiegend durch Wärmestrahlung erfolgten Wärmetransport im Bademedium Luft.

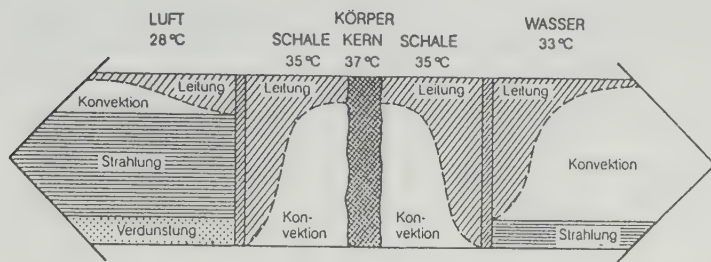


Abb. 1 Unterschiede des Wärmetransports bei Luft und Wasser als umgebendem Medium. (Nach DREXEL 1960)

Demnach erfolgt der Wärmeaustausch zwischen Organismus und Bademedium während eines Bades im HWP praktisch nur auf dem Wege der Wärmeleitung und Konvektion, soweit der Körper in das Bad eintaucht. Der gebadete Teil des Körpers hat nicht die Möglichkeit, Wärme auf dem Weg der Strahlung bzw. auf dem Wege der Verdunstung abzugeben, weil die Wasserabgabe des Körpers in das Bademedium thermoregulatorisch wirkungslos wird und der Wärmeaustausch auf dem Wege der Strahlung aus verschiedenen Gründen vernachlässigbar wird (DIRNAGL 1961).

Da unmittelbar nach dem Einschalten des Gebläses das Badewasser im HWP in eine stark wallende Bewegung versetzt wird und somit eine von außen einwirkende Kraft den Wärmehalt des Bademediums im Raum mitführt, kann eine überwiegende Wärmeübertragung durch erzwungene Konvektion angenommen werden.

Das in der Sauna verwendete Bademedium Luft zeigt bezüglich der Wärmeübertragung auf den Organismus grundlegende Unterschiede. Als Wärmeübertragungsmechanismen kommen vor allem die Wärmestrahlung des Heizofens und der Holzoberflächen zum Tragen. Weiterhin sind die frei konvektiv wirkende Umgebungsluft und zum geringen Teil ebenfalls die an der Kontaktfläche des Körpers zu den zwischen 80° C und 100° C temperierten Holzflächen wirkende Wärmeleitung am Mechanismus der Wärmeübertragung beteiligt.

Im Gegensatz zum Bad im HWP kann der Organismus in der Sauna die aufgenommene Wärmemenge durch die Wärmeabgabe an das umgebende Bademedium Luft mittels der perspiratio, bekanntlich 2320 J pro ml Schweißverdunstung, teilweise kompensieren.

Um den angestrebten Vergleich zwischen der Sauna und dem HWP trotz dieser unterschiedlichen Faktoren der Wärmeübertragung durchführbar zu gestalten, war es notwendig, eine Kenngröße für die im Organismus aufgenommene Wärmeenergie festzulegen. Für diese Versuchsreihe wurde dazu die Änderung der Rektaltemperatur bestimmt.

Unter bestimmten Voraussetzungen kann die Änderung der Rektaltemperatur als semiquantitatives Maß für die durch den Körper aufgenommene Wärmeenergie gelten. Wesentliche Voraussetzung dafür ist ein möglichst geringer Temperaturgradient zwischen Körperschale und Körperkern.

. . .

Diese Voraussetzungen werden an dem von DIRNAGL (1961) zugrundegelegten Modell zur Berechnung des thermischen Verhaltens eines "Normalorganismus" im Wasser und Breibad erläutert.

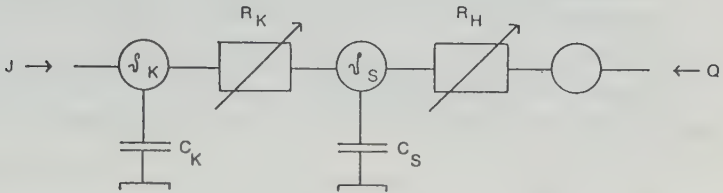


Abb. 2 nach DIRNAGL (1961)

Danach wird dem Körperkern (C_K) und der Körperschale (C_S) eine Wärmekapazität zugeordnet. Die durch den Stoffwechsel bedingte Wärmeproduktion liefert einen Wärmestrom J , der bei Temperaturänderungen des Körperkerns dessen Wärmeinhalt verändert, im übrigen über den Wärmewiderstand R_K zur Schale weiterfließt. R_K stellt dabei im wesentlichen eine Funktion des Blutstroms zwischen Kern und Schale dar und ist daher eine veränderliche, insbesondere mit der Hauttemperatur korrelierte Größe. Den Wärmefluß zwischen Hautoberfläche und dem in C_S zusammengefaßten Speichervermögen beeinflusst der Wärmewiderstand R_H , dessen Größe weitgehend von der Durchblutung der Haut und der hautnahen Schichten bestimmt wird (DIRNAGL 1961).

Um die durch den Körperkern aufgenommene Wärmeenergie eines hyperthermen Bades anhand der Änderung der Rektaltemperatur quantifizieren zu können, muß daher Sorge getragen werden, daß die Wärmeübergangswiderstände R_H und R_K klein gehalten werden und der Wärmekapazitätsspeicher der Schale C_S weitgehend aufgefüllt ist.

. . .

Dies wurde in dem folgenden Versuchsablauf dahingehend realisiert, daß sich alle Probanden unmittelbar vor dem Bad einer 30minütigen Ruhepause unterziehen mußten. In annähernd horizontaler Rückenlage wurden sie mit Ausnahme des Kopfbereiches mit einer Webdecke gegen die umgebende Raumtemperatur von 24°C weitgehend isoliert. Nach HÖPPE (1984) erreicht die mittlere Hauttemperatur einer mit dieser Deckenart bekleideten, in Rückenlage befindlichen Versuchsperson annähernd 35°C (bei Raumtemperatur 24°C).

Diese Maßnahme sollte gewährleisten, daß aufgrund der relativ hohen Haut-Oberflächentemperatur die Wärmeübergangsstände in der Peripherie abnehmen und der Anteil des mit dem Körperkern homiothermen Körpervolumens, nach BURTON (1936) 75 % des Gesamtvolumens, zunimmt, da der Wärmeverlust über die Haut erheblich reduziert wurde.

Wird eine Modellvorstellung, die die Wirklichkeit nur in einem begrenzten Aussagebereich zutreffend charakterisieren kann, als Grundlage für eine Versuchsanordnung verwendet, folgt daraus nur eine annähernde Beschreibung der wirklichen Verhältnisse. Der komplizierte anatomische Aufbau des Organismus mit seinen Schichten und verschiedenen Gewebestrukturen macht eine noch genauere quantitative Behandlung der Vorgänge bei der Thermotherapie nur unter meßtechnisch sehr großem Aufwand möglich, der im Rahmen dieser Arbeit nicht gegeben war.

Werden zwei unterschiedliche Bäderarten unter der Voraussetzung einer identischen Wärmebelastung verglichen und wird dabei nur die Änderung der Rektaltemperatur als Maß für die absorbierte Wärmeenergie verwendet, so kann im Experiment die Expositionsdauer in Hyperthermie der in der allgemeinen Praxis ausgeübten Badedauer angeglichen werden.

Durch Vorversuche wurde die Änderung der Rektaltemperatur während eines 15 Minuten dauernden Saunabades bei 90° C bestimmt, während bei einem Bad im HWP 40° C eine annähernd gleich große Änderung der Rektaltemperatur erst nach 20 Minuten festgestellt werden konnte.

Die analoge Erhöhung der Rektaltemperatur nach 15 Minuten Sauna 90° C bei 5 % rel. Luftfeuchte sowie nach 20 Minuten HWP 40° C legte somit die Rahmenbedingungen für Badetemperatur und -dauer fest.

Die in der Literatur beschriebenen Experimente physiologischer Wirkungen des Saunabades differieren nach FRITSCH (1974) in ihren Angaben bezüglich der Badetemperatur und -dauer (siehe Tab. 1). Aus Gründen der Vergleichbarkeit mit der im Schrifttum wiederholt beschriebenen Saunabadetemperatur von 80° C wurde als drittes zu untersuchendes Bad die Sauna bei 80° C in Kopfhöhe gewählt.

Wirkungen des Whirlpoolbades auf den Organismus können neben der Hyperthermie auch durch mechanische Reize wie Vibrationen und Schüttelungen (KRÖLING 1979) ausgelöst werden. Zur differenzierteren Beurteilungsmöglichkeit der Vergleichsergebnisse entschlossen wir uns, neben dem hypertherm wirksamen HWP bei 40° C einen thermisch indifferenten Kontrollversuch im HWP unter identischen Versuchsbedingungen durchzuführen. Nach HEIL (1981) ist in einem 36° C temperierten Luftsprudelbad eine weitgehende Konstanz der Rektaltemperatur zu beobachten. Als zu vergleichende Bäder wurden somit folgende Sauna- und HWP-Anwendungen untersucht: 20 min HWP 36°, 20 min HWP 40° C, 15 min Sauna 80° C, 15 min Sauna 90° C.

Tab. 1 - Literaturübersicht mit Angaben zur Badetemperatur und Wärmezeit bei experimentellen Arbeiten über die Sauna

Verfasser		Sauna-Temperatur ° C	Wärmezeit min
BACHMANN, K.	1971	90 - 100,0	12
BRÖMME, L.	1977	81,5	10
CONRADI, E.	1970	80,0	20
DAVIES, H.	1980	82 - 88,0	15
DZIUBA, K.	1959	80,0	10
EISALO, A.	1956	69,4	21
HASAN, J.	1954	50 - 71,0	30
KOSUNEN, K.J.	1976	83 - 90,0	20
M. LIMMR, W.	1962	84 - 89,0	10
OTT, V. R.	1947		21

1.2. LITERATURÜBERSICHT

Die in einem Organismus durch ein Bad induzierte Hyperthermie ist aus pathophysiologischer Sicht durch einen Anstieg der Körpertemperatur bei funktionierenden, jedoch zur Kompensation nicht ausreichenden Wärmeabwehrmechanismen gekennzeichnet. Eine Erhöhung der Körpertemperatur, auch auf künstliche Weise, stellt einen spezifischen Reiz für den Organismus dar, dessen Antwort an Veränderungen von Stoffwechsel, Atmung, Herz-Kreislaufdynamik und psychophysiologischen Parametern beobachtet werden kann.

Im Hot Whirlpool wird der Organismus neben der Wärmebelastung auch mechanischen Reizen ausgesetzt. Der in einem Wannenbad erzeugte Luftsprudel bewirkt an der Körperoberfläche verschiedene mechanische Reize wie Vibrationen und Schüttelungen, welche nach KRÖLING (1979) auf zentrale Körperabschnitte weitergeleitet werden und dort nachweisbar sind. Derselbe Autor berichtet eine durch das Luftsprudelbad angeregte Eigenresonanz der Obeschenkelmuskulatur (1979). Durch intrarektale Druckmessung nachgewiesene Vibrationen im Körperinneren wurden von HEIL (1981) zwischen 5 und 20 Hz angegeben und entsprechen Druckschwankungen von ca. 5 cm Wassersäule.

Nach RUSDEA (1976) sollen mechanische Reize ebenfalls eine Detonisierung des oberflächlichen Venen- und Lymphgefäßnetzes bewirken.

Eine Detonisierung der Muskulatur (STIEVE 1952) und die Auflockerung des Bindegewebes werden auf mechanische Reize zurückgeführt.

Daß ein hypertherm wirkendes Luftsprudelbad durch die mechanischen Reize auf den Organismus die Effekte der Hyperthermie teilweise kompensiert, konnten KRÖLING et al. (1981) im 40° C temperierten Luftsprudelbad nachweisen.

Im hyperthermen Bad wurde die durch Wärmeexposition ausgelöste Pulsbeschleunigung durch Einschalten des Luftsprudels gesenkt. Weiterhin senkt der Luftsprudel die Atemfrequenz, erhöht dabei gleichzeitig das Atemminutenvolumen durch eine überproportionale Steigerung des Atemzugvolumens (HEIL 1981).

Über die Wirkung des hyperthermen Luftsprudelbades bzw. Hot Whirlpools auf das kardiovaskuläre System werden in der Literatur unterschiedliche Angaben gemacht. Übereinstimmend wird eine Steigerung der Herzfrequenz beschrieben (KRÖLING 1979; HEIL 1981; GEHRKE 1982), die Angaben über das Verhalten des Blutdrucks variieren von Zunahme bis Abnahme des systolischen und diastolischen Druckes (SENATOR 1909; RULFFS 1977; KRÖLING 1979; HEIL 1981; GEHRKE 1982).

GEHRKE (1982) warnt nach 20 min Badezeit im HWP 40° C vor der Gefahr einer orthostatischen Dysregulation.

Der Effekt des HWP auf das psychische Befinden des Badenden wurde von ULBERT (1982) untersucht. Demnach ermüdet ein Bad im WHP bei 40° C und beeinflusst das subjektive Wohlbefinden negativ, ein Bad im 36° C temperierten HWP führt zu einer Entmüdung und Steigerung des Wohlbefindens.

Wie bei anderen wechselwarmen Bädern erfordert die starke Wärmeaufnahme des Organismus in der Sauna eine Steigerung des konvektiven Wärmetransportes durch das zirkulierende Blutvolumen. EISALO (1956) beschreibt eine Abnahme der mittleren Umlaufzeit des Blutvolumens sowie eine Erhöhung des Herzminutenvolumens. Übereinstimmend wird von allen Untersuchern eine Steigerung der Herzfrequenz berichtet. Über das Verhalten des Blutdrucks werden dagegen in der Literatur unterschiedliche Angaben gemacht.

So wird ebenfalls ein Anstieg des systolischen Druckes berichtet wie ein Absinken. Der diastolische Druck in der Sauna bleibt weitgehend gleich bzw. sinkt geringfügig ab.

Tab. 2 - Änderung des arteriellen Blutdrucks beim Saunabad

Verfasser		vor Sauna	nach 10 min Sauna	nach Guß
BACHMANN, K.	1971	135/85	135/85	260/110
BRÖMME, L.	1977	128/83	124/79	151/ 85
CONRADI, E.	1970	134/91	141/90	
DZIUBA, K.	1959	134/89	125/91	151/ 95
EISALO, A.	1956	132/80	124/74	
KOSUNEN, K.J.	1976	130/86	150/50	
MÜLLER-L., W.	1962	115/72	127/76	

Diese unterschiedlichen Ergebnisse sind nach FRITSCHÉ (1974) auf unterschiedliche Versuchsbedingungen wie Expositionszeit in Wärme, Luftfeuchte und Badetemperatur zurückzuführen (siehe auch Tabelle 1, Seite 8).

Auf die respiratorischen Parameter hat die Sauna keinen starken Einfluß. Die Atemfrequenz bleibt unverändert (SCHRÖDER 1952; FRITSCHÉ 1974) bzw. erhöht sich leicht (KNORRE 1943; OTT 1948; KLINGLER-MANDIG 1959), die Vitalkapazität bleibt ebenfalls unverändert (SCHRÖDER 1952; KLINGLER-MANDIG 1959), kann im Verlauf des Bades auch absinken (KLINGLER-MANDIG 1959) oder erfährt eine Steigerung (KRAUSS 1953; KLINGLER-MANDIG 1959).

Die Motivation der deutschen Bevölkerung für das Baden in der Sauna wurde in einer Befragung von FRITSCHÉ (1979) untersucht. Demnach erwähnten 71 % der Befragten als

oberstes Ziel die Entspannung und Erholung. Ein Drittel des Kollektives gab an, an Nervosität und innerer Unruhe zu leiden und der überwiegende Teil der Gruppe (86 %) behauptete, Besserung der Beschwerden durch das Saunabaden zu erreichen (FRITSCHÉ 1979).

Tab. 3 - Zielsetzung beim Saunabaden nach FRITSCHÉ (1979)

1. Entspannung und Erholung	71 %
2. Abhärtung	62 %
3. Fitsein und Leistungssteigerung	41 %
4. Hautpflege, besseres Aussehen	32 %
5. Körperreinigung	28 %
6. Schmerzlinderung und Heilung	16 %
7. Sportliches Konditionstraining	14 %
8. Nur Badespaß, Geselligkeit	13 %
9. Schlankwerden (-bleiben)	12 %

2. METHODIK

2.1. ZEITPLAN

Die Reihenfolge der Bäder sowie der einzelnen Temperaturbereiche erfolgte nach zufälliger Verteilung. Zwischen den Bädern wurde bei jeder Versuchsperson ein Intervall von mindestens einer Woche eingehalten. Die Tageszeit des Versuchsbeginns variierte je nach Proband zwischen 9.00 und 11.00 Uhr und blieb während der Versuchsserie für jeden Probanden gleich.

2.2. VERSUCHSPERSONEN

Zur Durchführung der Versuchsserie standen 17 Probanden zur Verfügung, 7 Frauen und 10 Männer.

Ein männlicher Proband schied nach der ersten Versuchsanwendung aus dem Untersuchungskollektiv aus, da bei ihm ein chronischer Alkoholabusus selbst während des Versuchsablaufes zu erkennen war. Ein weiterer Proband schied wegen privater Gründe aus dem Kollektiv aus. Die verbleibenden 15 Probanden, 7 Frauen und 8 Männer, absolvierten das gesamte Untersuchungsprogramm.

Das Durchschnittsalter des Gesamtkollektivs betrug

	30,3	+/-	6,1	Jahre
Größe	176	+/-	8,0	cm
Gewicht	63,5	+/-	10,7	kg

Alle Versuchspersonen wurden nach Anamnese und klinisch internistischer Untersuchung als herz- und kreislauffeund beurteilt.

Der überwiegende Teil des untersuchten Kollektivs war mit dem Saunabad vertraut, Erfahrungen mit dem Whirlpool lagen nicht vor. Routinierte bzw. adaptierte Saunabesucher fehlten im Kollektiv.

Die Probanden waren angehalten, während der laufenden Versuchsserie den privaten Besuch einer Sauna oder ähnlichen Einrichtung zu unterlassen. Weiterhin sollten die Versuchspersonen in der Nacht vor jedem Versuchsbad für ausreichend Schlaf sorgen und vor Versuchsbeginn keine koffeinhaltigen Getränke zu sich nehmen.

2.3. VERSUCHSRAUM

Sämtliche Messungen wurden in den Räumen der Klinik für Physikalische Medizin, München-Großhadern durchgeführt. Die Räume waren voll klimatisiert. Die Raumtemperatur betrug $24^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von ca. 60 %.

2.4. MATERIAL

2.4.1. Hot Whirlpool

Zur Verfügung stand ein handelsüblicher HWP der Fa. Klafs Saunabau GmbH, Schwäbisch Hall, Typenbezeichnung "Bali". Dieser HWP hat ein Fassungsvermögen von ca. 1 100 Liter.

Bei der verwendeten Konstruktion durchläuft das Badewasser ein Kreislaufsystem, in dem es durch ein Filtersystem von Schwebstoffen gereinigt wird. Weiterhin wird eine vorgewählte Badetemperatur durch einen thermostatisch geregelten Durchlauferhitzer innerhalb einer Fehlergrenze von $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ konstant gehalten.

Ein Hochleistungsgebläse (Elmo G - Kompressor) erzeugte den Luftstrom zur Wasserverwirbelung. Dabei wurde das Wasser durch ca. 50 Luftdüsen (Durchmesser ca. 1 mm) mit einer Luftmenge von ungefähr $90\text{ m}^3/\text{h}$ (1 500 l/min) durchsetzt.

Zur Aufrechterhaltung einer adäquaten Wasserhygiene wurde das Badewasser vor jedem Versuchsbeginn nach Konzentrations-Bestimmung des freien ungebundenen Chlors

und nach Messung des pH-Wertes desinfiziert und chloriert (Bayrol). Nach einer in regelmäßigen Abständen erfolgten mikrobiologischen Untersuchung wurde das Badewasser erneuert.

2.4.2. Sauna

Die zur Versuchsdurchführung verwendete Sauna entspricht einer serienmäßig hergestellten Saunakabine, die Platz für ca. 10 Personen bietet (Grundfläche 8 m², Höhe 2,4 m, mit 3 Holzbänken in 40 cm, 80 cm und 120 cm Höhe).

Die durch Thermostat gesteuerte Heizung wurde so einreguliert, daß bei der 80° C-Anwendung diese Temperatur in Kopfhöhe der auf der unteren Bank sitzenden Versuchsperson gemessen werden konnte. Dabei betrug die Temperatur direkt unter der Saunakabinendecke 95° C. Bei der 90° C-Anwendung wurde die Badetemperatur ebenfalls in Kopfhöhe, jedoch des auf der mittleren Stufe sitzenden Probanden gemessen. Die relative Luftfeuchte in der Sauna schwankte um 5 %.

Eine thermoisolierende Glasscheibe in der Tür ermöglichte die Beobachtung der Versuchsperson während des Bades.

2.4.3. Tauchbad

Das Tauchbecken zur Abkühlung (Fassungsvermögen ca. 8 m³, Tiefe 1,5 m) wurde permanent durch fließendes Leitungswasser erneuert. Die Temperatur des Wassers betrug 14 +/- 1° C.

2.5. GEMESSENE PARAMETER

2.5.1. Rektaltemperatur

Die Bestimmung der Rektaltemperatur erfolgte kontinuierlich vom Zeitpunkt 5 min vor der Bäderanwendung bis nach Ende der Überwärmungsphase des Bades. Unmittelbar vor und nach dem Betreten des Tauchbeckens wurde je eine weitere Messung durchgeführt. Mittels eines Temperaturfühlers wurde die Körperkerntemperatur ca. 5 cm intrarektal gemessen (Meßverstärker Hellige) und registriert (Kompensationsschreiber Rikadeni). Vor jeder Anwendung erfolgt die Eichung des Meßgeräts mit einem genormten Widerstand. Die gemessene Temperatur konnte mit einer Genauigkeit von $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$ bestimmt werden.

2.5.2 Hauttemperatur

Die Bestimmung der Hauttemperatur erfolgte vor dem Bad sowie unmittelbar nach der Überwärmungsphase und nach dem Abkühlungsbad. Zur Beurteilung der Wiedererwärmung der Körperschale wurde eine weitere Messung genau 10 Minuten nach Verlassen des Tauchbades durchgeführt. Die Messungen erfolgten mit einer Infrarot-Thermokamera. Als Meßpunkte dienten die Stirn, die regio umbilicalis sowie der Handrücken.

Von der auf einen Bildschirm projizierten Farb-Thermographie wurde mit einem Cursor die für eine Fläche von ca. 15 cm^2 geltende integrale Hauttemperatur bestimmt.

Zur Verminderung von Wärmeverlusten durch Verdunstung tupften sich die Probanden sofort nach dem Bad sowie dem Tauchbad die zu messenden Körperpartien mit einem trockenen Tuch ab.

Die Meßergebnisse wurden photographisch dokumentiert und im Versuchsprotokoll notiert.

2.5.3. Herzfrequenz

Die Herzfrequenz wurde durch Auszählen der Pulsschläge pro 30 sec an der a. radialis bestimmt. Bei einem Teil der Probanden erhielten wir zusätzlich kontinuierliche Herzfrequenzanalysen über EKG Telemetrie (Hellige Servomed).

2.5.4 Blutdruck

Der systolische und diastolische Blutdruck wurde nach RIVA-ROCCI und KOROTKOFF am rechten Oberarm gemessen.

2.5.5. Orthostasetest

Den Orthostasetest führten wir mit einer von horizontal nach vertikal schwenkbaren Kippliege durch. Mit dieser Kippliege, die nur eine annähernd orthostatische Körperposition von 70° ermöglicht, wurde ein nach vorne Überkippen der Probanden bei auftretender Dysregulation vermieden.

Nach der Erfassung der Ruhewerte in horizontaler Lage (RR_{syst} , RR_{diast} , Herzfrequenz) wurde die Kippliege auf 70° zur Horizontalebene geneigt und sechsmal in Minutenabständen die Herzfrequenz, systolischer und diastolischer Druck protokolliert.

Zeigte der Proband eine heftige orthostatische Dysregulation mit Übelkeit, Schwindel oder Schweißausbruch, wurde der Kipptest sofort abgebrochen und der Proband in Kopftieflage gebracht.

2.5.6. Subjektives Wohlbefinden und Temperaturempfindung

Anhand eines selbstentworfenen Schemas wurden die Probanden 10 Minuten nach Badebeginn im HWP (8 min Sauna) bezüglich ihres gegenwärtigen Wohlbefindens und ihrer

subjektiven Temperaturempfindung interviewt. Die Fragen, die nach Halbzeit des Bades spontan beantwortet werden sollten, lauteten:

"Fühlen Sie sich wohl oder fühlen Sie sich unwohl?"

"Ist Ihnen die Badetemperatur angenehm oder ist sie Ihnen unangenehm, also zu heiß oder zu kalt?"

2.5.7. Reaktionszeit

Die Reaktionszeit wurde elektrookulographisch als Latenzzeit einer Augenmuskelbewegung auf einen optischen Reiz bestimmt.

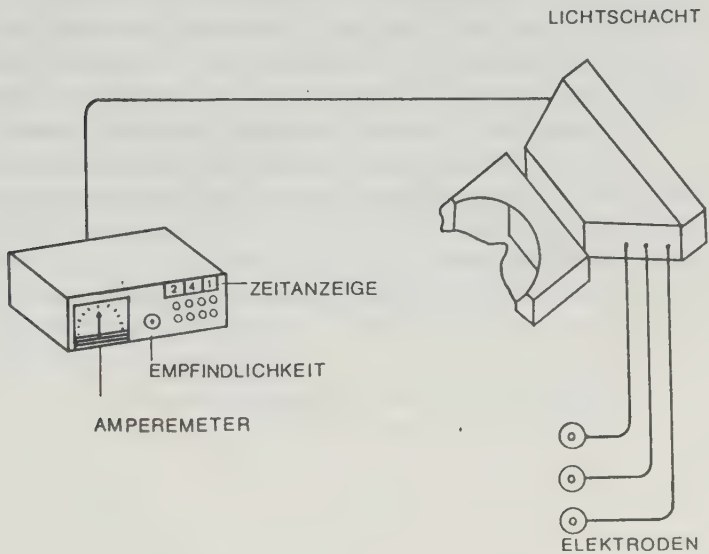
2.5.7.1. Beschreibung der Methode

Da die Retina gegenüber der Kornea negativ geladen ist, bilden die Augen einen rotierenden, elektrischen Dipol mit entsprechend den Augenbewegungen sich ändernden elektrischen Feldern der Bulbi. Die dadurch bei horizontalen und vertikalen Blickbewegungen entstehenden positiven und negativen Ausschläge können mit bitemporal und ober- sowie unterhalb der Orbitae angebrachten Elektroden erfaßt werden (40).

Dieses Prinzip macht sich das modifizierte Reaktionsmeßgerät nach MEYER-DELIUS zunutze (KÖHLER 1979).

Dem Probanden wird bitemporal am äußeren Canthus je eine Silberchlorid-Elektrode befestigt. Eine Hautreinigung mit Benzin und Kontaktgel unter der Elektrode vermindern den Übergangswiderstand. Die Erdung bildet eine medial-frontal angelegte Referenzelektrode.

Abb. 3 - Reaktionszeitmeßgerät modifiziert nach
MEYER-DELIUS (nach KÖHLER 1979)



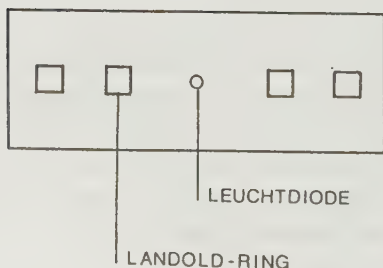
Während der Proband in einem Dunkelfeld eine Leuchtdiode fixiert, wird vom Untersucher durch Knopfdruck eine Digitaluhr gestartet. Gleichzeitig erlischt die Fixationsmarke und in dem homogenen Graufeld leuchtet ein Landolt-Ring auf. Dadurch wird eine Augensprungbewegung zur fovealen Fixierung des Ringes veranlaßt. Das dabei entstehende Potential wird an den Stirnelektroden erfaßt und stoppt als Trigger die Digitaluhr.

Die so gemessene Latenzzeit schließt die Zeit mit ein, die verstreicht, bis die Triggerschwelle des ansteigenden Potentials erreicht ist, Diese Zeit vom Beginn der Augenbewegung bis zum Erreichen des vorgewählten Triggerpotentials für den Uhr-Stop hängt als systematischer Fehler von der eingestellten Triggerhöhe ab. Die ermittelten Latenzzeiten wurden um die entsprechenden Triggerzeiten korrigiert.

Zur Überwachung der Stärke der EOG-Antwort und zur Vermeidung von Über- und Untersteuerung bei der Einstellung der individuellen Ansprechempfindlichkeit dienen Leuchtdioden. Die von der Digitaluhr abgelesene Zeit wird handschriftlich protokolliert. Die Korrektheit der Augeneinstellbewegung wird zusätzlich über den Ausschlag des Zeigerinstrumentes überwacht.

Der Lichtschacht zeigt dem Proband in 1,40 m aktueller Sehweite das in Abb. 4 dargestellte Gesichtsfeld.

Abb. 4 - Skizze des Gesichtsfeldes



Der Versuchsleiter kann jeweils eine von vier in der Horizontalen angeordneten weißen Dioden aufleuchten lassen. Sie liegen im Blickwinkel von 10° bzw. 20° rechts und links von der roten Mitteldiode und sind als Landolt-Ringe ausgebildet. Die Lage der Ringöffnung legt der Experimentator durch entsprechende Tastenwahl jeweils fest. Die Benennung der Lage der Ringöffnung durch den Probanden dient zur Kontrolle der korrekten Fixation.

2.5.7.2 Durchführung des Tests

Vor und nach dem Bad wurden je 36 Reaktionszeiten gemessen. Werte unter 150 ms und über 500 ms wurden als Meßfehler eliminiert. Die Lokalisation des Landolt-Ringes sowie die Lage seiner Öffnung erfolgte in zufälliger Reihenfolge. Dabei wurde je neunmal die foveale Fixierung auf die vier Landolt-Ringe provoziert. Das arithmetische Mittel der um die Triggerschwelle korrigierten Latenzzeiten ergab die durchschnittliche Reaktionszeit.

2.6. VERSUCHSABLAUF

Vor Beginn des Versuchs wurden die Probanden nach eventuell bestehenden Erkrankungen sowie nach Einhaltung der Vorbedingungen befragt.

Nach dem Beantworten eines psychometrischen Fragebogens (v. ZERSSEN Befindlichkeitsskala) in einem separaten, klimatisierten Raum erfolgte die Bestimmung der Reaktionszeiten. Die Versuchsperson entkleidete sich und erhielt anschließend eine Plastik-Verweilkanüle in die vena cephalica. Zur Erhaltung eines freien Lumens wurde die Kanüle nach jeder Blutentnahme sowie bei Bedarf mit heparinisierter 0,9 % Kochsalzlösung benetzt.

Die Bestimmung der ventilatorischen Parameter erfolgte im nächsten Untersuchungsgang: Vitalkapazität, Tiffenau-Test und Atemwegswiderstand. Nach der Blasenentleerung wurde das Gewicht des Probanden bestimmt. Jeder Proband erhielt daraufhin 200 ml Mineralwasser zu trinken.

Das Anlegen der EKG-Telemetrie-Elektroden und die Ableitung eines 30 min dauernden EEG unter Ruhebedingungen erfolgten in einem schallgedämpften, separaten Raum. Der Proband lag dabei in einem horizontal verstellbaren Stuhl und war mit einer Wolldecke gegen die Umgebungstemperatur gut isoliert. Die Messung der Ausgangswerte (Ruhewerte) für Herzfrequenz, systolischen und diastolischen Blutdruck sowie die erste Blutentnahme wurden unmittelbar nach der EEG-Ableitung durchgeführt. Zur Erfassung der Hauttemperatur erfolgte anschließend eine Aufnahme mit einer Infrarot-Thermo-Kamera. Die Bestimmung der orthostatischen Regulation wurde kurz vor dem Bad mittels eines Kipp-Tests durchgeführt. Anschließend erfolgte die zweite Blutentnahme mit Messung der Herzfrequenz und des Blutdrucks.

Der Proband erhielt eine intrarektale Temperatursonde und begab sich nach Bestimmung der Ausgangstemperatur in das Bad.

Bei einer Hälfte des Probandenkollektivs wurden in der Expirationsluft respiratorische Parameter wie Sauerstoff- und Kohlendioxidspannung, Atemfrequenz, Atemminutenvolumen und respiratorischer Quotient bestimmt.

Die zweite Hälfte des Kollektivs erhielt statt des Expirationsmundstückes eine Temperatursonde zur Messung der Sublingualtemperatur. Dabei waren die Probanden angehalten, durch die Nase zu atmen.

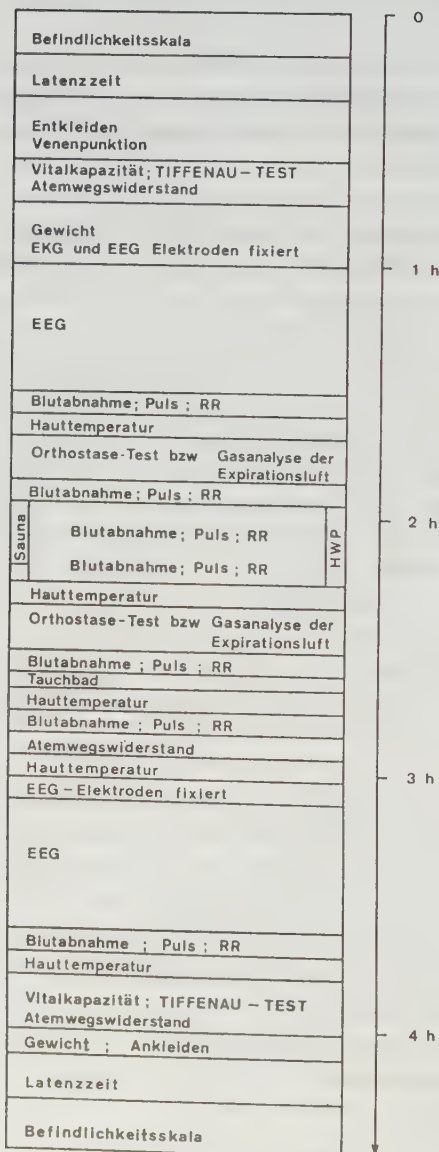
Nach Ablauf der halben Badedauer wurden die Probanden bezüglich ihres thermischen und allgemeinen Wohlbefindens befragt. Zur gleichen Zeit erfolgte die dritte Blutentnahme sowie Puls- und Blutdruckmessung. Am Ende des Bades erneute Puls- und Blutdruckmessung sowie Blutentnahme.

Unmittelbar nach Verlassen des Bades erst Infrarot-Aufnahme zur Messung der Hauttemperatur und sofort anschließender Kipp-Test mit anschließender Blutentnahme, Puls und Blutdruckmessung. Nach der Abkühlung im Tauchbecken wurden die Probanden erneut mit der Infrarot-Kamera photographiert. Es folgte eine weitere Puls- und Blutdruckkontrolle. Die Bestimmung des Atemwegswiderstandes sowie erneute Temperaturmessung mit der Thermo-Kamera (exakt 10 Minuten nach Verlassen des Tauchbades folgten vor der zweiten EEG-Ableitung.

Nach diesem 30 min dauernden Ruhe-EEG wurde eine Blutprobe entnommen, Puls und Blutdruck gemessen und ein weiteres Infrarot-Bild aufgenommen. Es folgte die Bestimmung der ventilatorischen Parameter (Vitalkapazität, Tiffenau-Test und Atemwegswiderstand. Nach der Bestimmung des Gewichts kleideten sich die Probanden an und unterzogen sich einem zweiten Reaktionszeit-Test. Der Versuch endete mit der Beantwortung der psychometrischen Testformulare (v. ZERSSSEN). Die gesamte Versuchsdauer variierte je nach Proband zwischen 4 und 5 Stunden.

. . .

Abb. 5 - Schematische Darstellung des Versuchsablaufes



2.7. STATISCHE AUSWERTUNG

Für alle Meßdaten wurden der Mittelwert und der mittlere Fehler der Standardabweichung (SEM) berechnet. Ferner wurden die zu vergleichenden Meßwertpaare mit dem t-Test auf Signifikanz geprüft. Ergebnisse mit $p \leq 0,05$ wurden als signifikant beurteilt. Das entsprechende Rechenverfahren wurde auf einen TI-Rechner (SR 52) einprogrammiert.

Bei Fragestellungen, in denen die zu prüfenden Variablen ausschließlich metrisch skaliert waren, wurde eine Regressionsanalyse durchgeführt. Dies erfolgte mit einem Taschenrechner nach der in (50) dargestellten Formelsammlung.

3. ERGEBNISSE

3.1. REKTALTEMPERATUR (T_R)

3.1.1. Hot Whirlpool (HWP) 36° C

Bei einem Ausgangswert von 37,0° C bleibt die Rektaltemperatur weitgehend konstant und steigt gegen Ende des Bades minimal auf 37,15° C.

3.1.2. HWP 40° C

Die Rektaltemperatur steigt vom Ruhewert 37,13° C durchschnittlich um 0,05° C pro Minute. Der Differentialquotient dT_R/dt erfährt im Verlauf des Bades eine Zunahme: die Temperatur steigt am Ende des Bades stärker als am Anfang. Nach 20 min erreicht die T_R einen Wert von 38,1° C, 5 min nach dem Bad beträgt sie 38,2° C.

3.1.3. Sauna 80° C

Vom Ruhewert 36,89° C steigt die T_R durchschnittlich um 0,04° C pro Minute. Nach 15 min wird ein Anstieg um 0,65° C auf 37,54° C beobachtet. Gegen Ende des Bades erfolgt eine größere Temperaturzunahme als zu Beginn. Innerhalb der ersten fünf Minuten nach Ende des Bades steigt die T_R weiter auf 37,61° C.

3.1.4. Sauna 90° C

Die T_R steigt vom Ruhewert 36,83° C innerhalb von 15 Minuten auf 37,65° C. Diese Temperaturerhöhung von 0,82° C entspricht einer Zunahme von 0,055° C pro Minute. 5 min nach Endes des Bades beträgt die T_R 37,71° C.

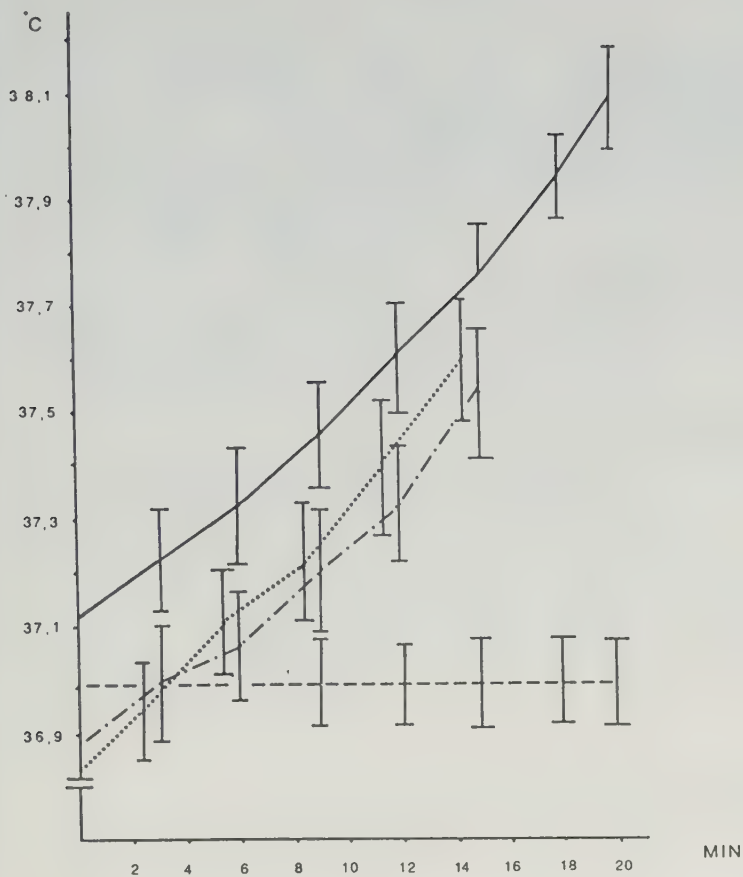


Abb. 6 - Rektaltemperatur

— HWP40
- - - HWP36
..... SAUNA90
- . - . - SAUNA80

3.2. HAUTTEMPERATUR

3.2.1. Hauttemperaturänderung nach dem Bad

Die Temperaturen der Hautoberfläche (siehe Abb. 7, 8, 9, 10) erfahren durch das Bad folgende Veränderungen:

3.2.1.1. HWP 36° C

Abkühlung der Haut an allen Meßpunkten (Stirn -0,3° C; Bauch -0,8° C; Handrücken -0,6° C).

3.2.1.2. HWP 40° C

Erwärmung im Bereich des Handrückens (0,6° C), gleichbleibende Temperatur der Bauchhaut und geringe Abkühlung der Stirn (-0,2° C).

3.2.1.3. Sauna 80° C

Erwärmung an allen gemessenen Hautbereichen (Stirn 0,7° C; Bauch 0,3° C; Handrücken 1,9° C).

3.2.1.4. Sauna 90° C

Temperaturanstieg der Hautoberfläche an allen Meßpunkten (Stirn 1,3° C; Bauch 0,3° C, Handrücken 1,9° C).

3.2.2. Hauttemperaturänderung durch das Tauchbad

3.2.2.1. HWP 36° C

Abkühlung an allen gemessenen Hautbereichen (Stirn -1,0° C; Bauch -4,2° C; Hand -3,5° C)

3.2.2.2. HWP 40° C

Absinken der Hauttemperaturen an der Stirn (-1,1° C), dem Bauch (-5,4° C) und der Hand (-3,9° C)

3.2.2.3. Sauna 80° C

Die Hauttemperatur sinkt an der Stirn (-2,3° C), dem Bauch (-5,9° C) und der Hand (-5,4° C)

3.2.2.4. Sauna 90° C

Abkühlung an allen gemessenen Hautbereichen (Stirn (-2,3° C; Bauch -6,8° C; Hand -3,9° C)

3.2.3. Hauttemperaturanstieg nach dem Tauchbad

Die Wiedererwärmung der Haut nach einem Tauchbad (14° C) zeigt folgende Ergebnisse:

3.2.3.1. HWP 36° C

Erwärmung der Haut an der Stirn (0,6° C), dem Bauch (2,2° C) und des Handrückens (1,2° C).

3.2.3.2. HWP 40° C

10 min nach dem Tauchbad steigt die Temperatur der Stirn um 1,3° C (Bauch 2,5° C; Handrücken 1,3°).

3.2.3.3. Sauna 80° C

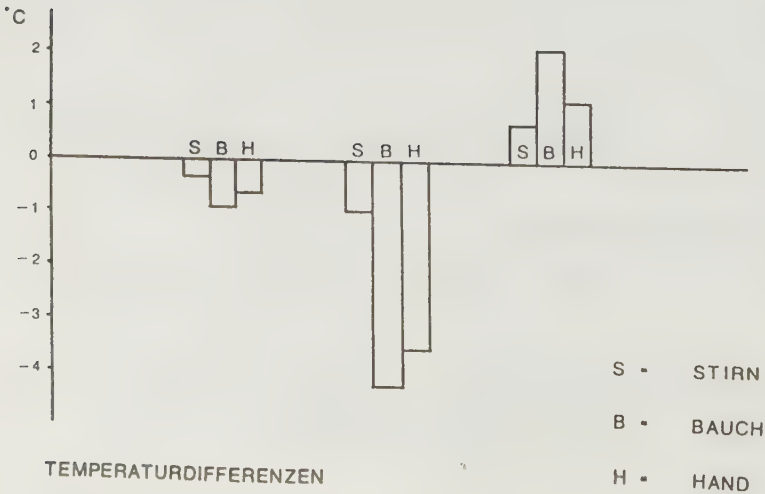
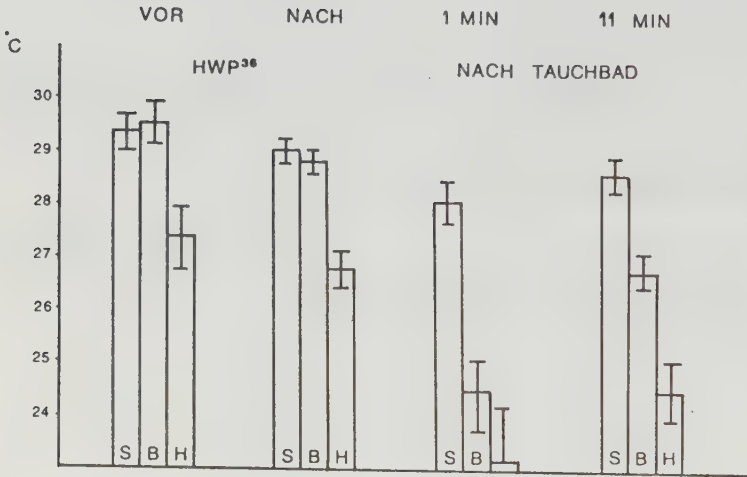
Temperaturanstieg an allen Meßpunkten (Stirn 1,9° C; Bauch 2,9° C; Handrücken 2,4° C).

3.2.3.4. Sauna 90° C

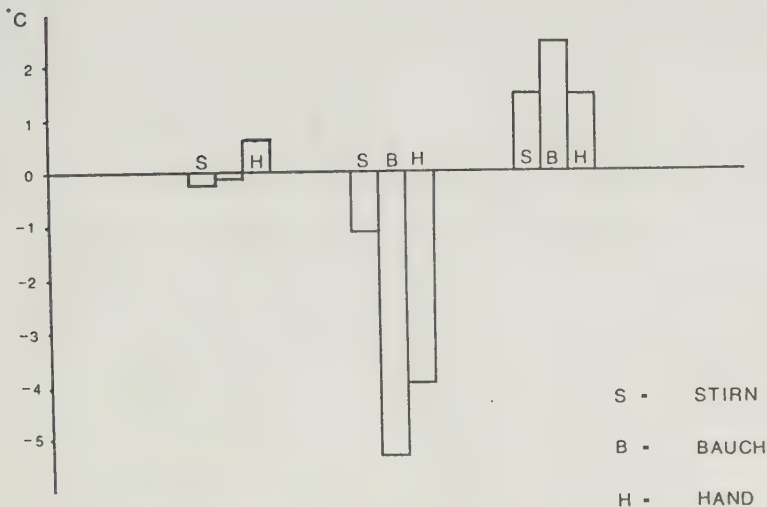
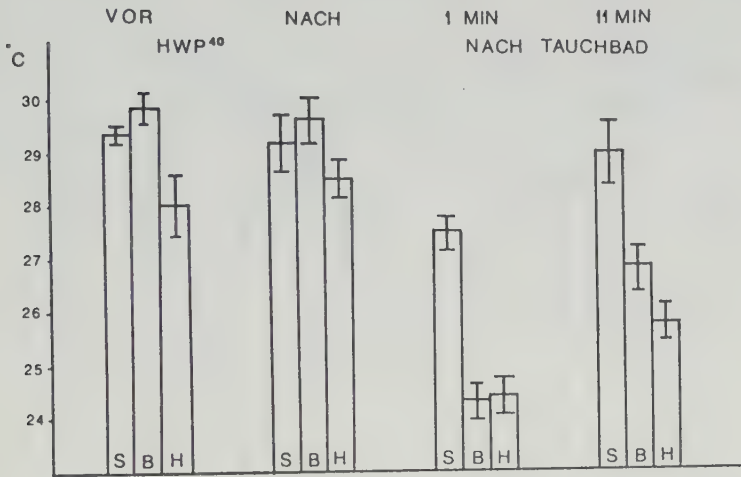
Temperaturanstieg an allen Meßpunkten (Stirn 0,8° C; Bauch 2,9° C; Handrücken 1,2° C).

Der paarige t-Test der Hauttemperaturunterschiede zwischen den hyperthermen Bädern liegt über dem Signifikanzniveau von $p = 0,2$.

3.2.4. Abb. 7 - Hauttemperaturen Hot Whirlpool³⁶

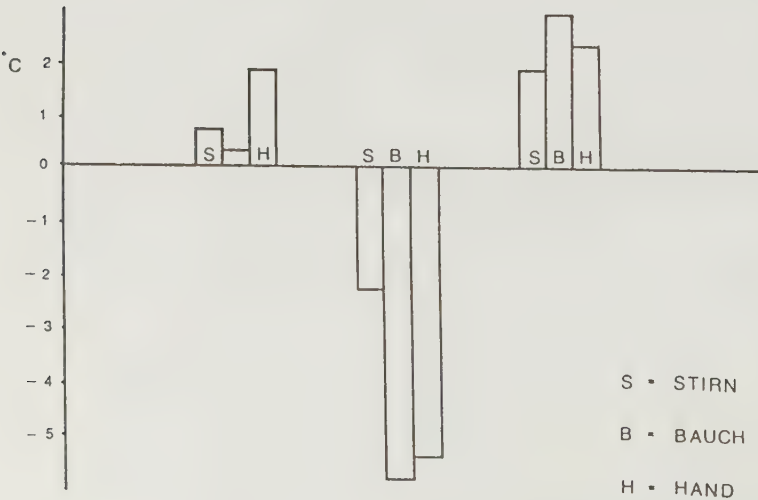
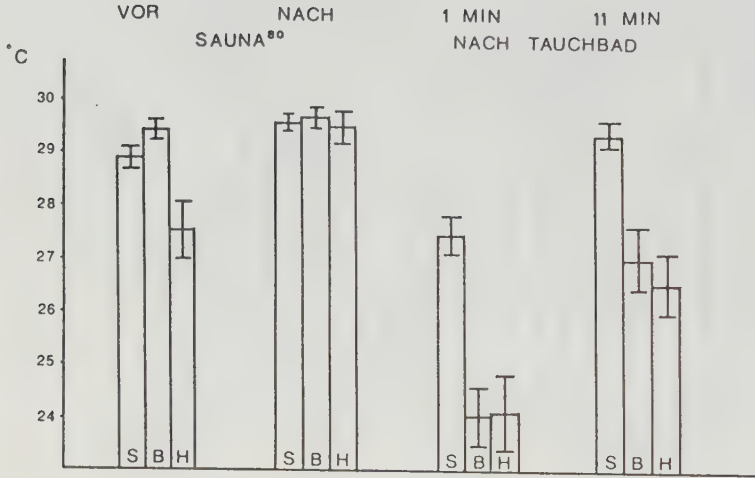


3.2.5. Abb. 8 - Hauttemperaturen Hot Whirlpool⁴⁰



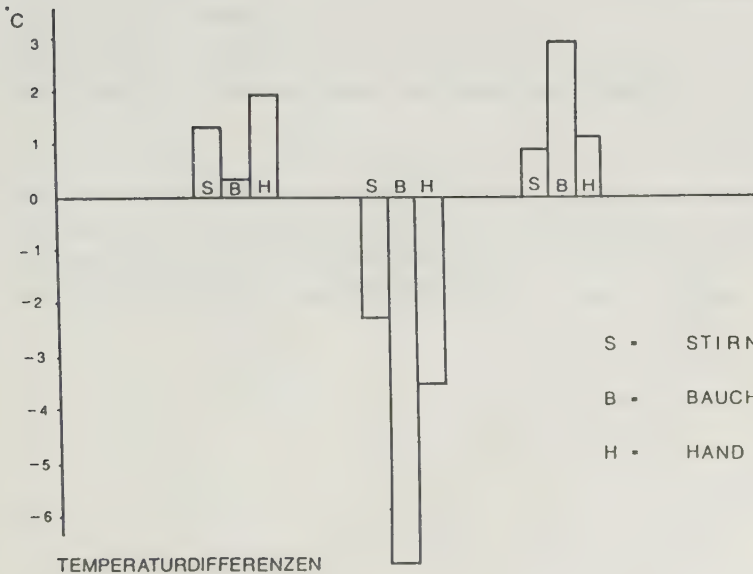
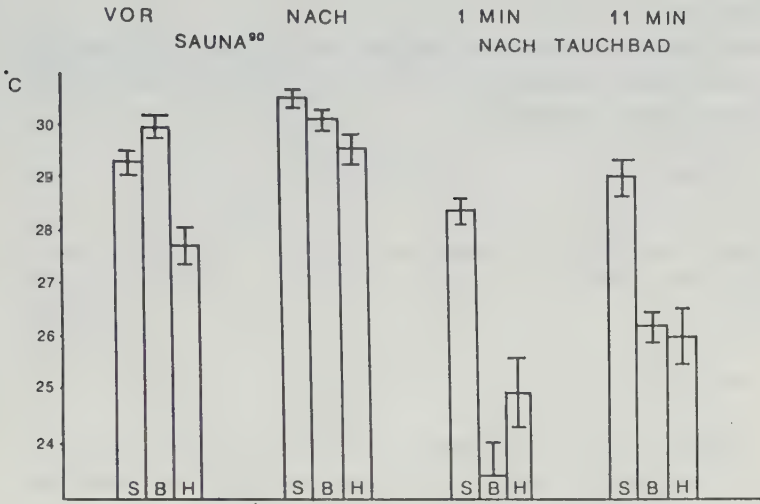
TEMPERATURDIFFERENZEN

3.2.6. Abb. 9 - Hauttemperaturen in der Sauna⁸⁰



TEMPERATURDIFFERENZEN

3.2.7. Abb. 10 - Hauttemperaturen Sauna⁹⁰



3.3. Herzfrequenz (HF)

3.3.1. HWP 36°

Bei einem Ausgangswert von 67 min^{-1} steigt die HF innerhalb der ersten 10 min auf 76 min^{-1} an und bleibt anschließend konstant.

3.3.2. HWP 40°

Die HF erhöht sich innerhalb von 10 min von 68 min^{-1} auf 100 min^{-1} und steigt am Ende des Bades auf 107 min^{-1} .

3.3.3. Sauna 80°

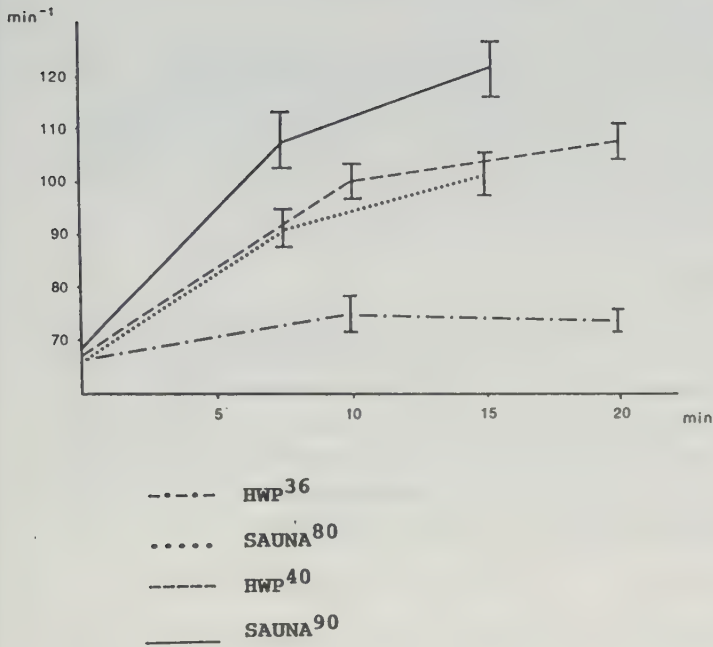
Anstieg der HF vom Ruhewert 67 min^{-1} auf 91 min^{-1} während der ersten Hälfte des Bades. Am Ende des Bades beträgt die HF 103 min^{-1} .

3.3.4. Sauna 90°

Von der Ruhefrequenz 69 min^{-1} steigt die HF nach 7 min auf 108 min^{-1} , am Ende des Bades werden 122 min^{-1} erreicht.

Nach den Bädern zeigt die Herzfrequenz einen signifikanten Unterschied ($p \leq 0,01$) zwischen der Sauna 80° und Sauna 90°; zwischen dem HWP 40° C und der Sauna 90° sowie zwischen dem HWP 36° und den hyperthermen Bädern.

Abb. 11 - Herzfrequenz während des Bades



3.4. BLUTDRUCK, BLUTDRUCKAMPLITUDE

Die folgenden Angaben erfolgen in mm Hg

3.4.1. HWP 36° C

Während der ersten Hälfte des Bades steigen der systolische (+6) und diastolische (+5) Blutdruck initial an. Der folgende Anstieg beider Werte bis zum Ende des Bades liegt innerhalb des mittleren Fehlers. Die Blutdruckamplitude bleibt konstant.

3.4.2. HWP 40° C

Nach 10 min Badezeit ist ein Anstieg des systolischen Druckes (+14) und ein Abfall des diastolischen Druckes (-6) festzustellen, so daß die Druckamplitude um 20 mm Hg steigt. Am Ende des Bades sinkt der diastolische Druck weiterhin um 5 mm, der systolische Druck bleibt konstant. Gegenüber den Ausgangswerten hat sich die Blutdruckamplitude um 25 mm Hg erhöht.

3.4.3. Sauna 80° C

Es zeigt sich im Verlauf des gesamten Bades eine Konstanz des systolischen Druckes innerhalb der mittleren Fehlergrenzen. Der diastolische Druck sinkt während des Bades. Nach dem Bad ist er gegenüber dem Ausgangswert um 7 mm Hg gesunken. Die Abnahme des diastolischen Druckes ist nicht signifikant. Die Blutdruckamplitude bleibt unverändert.

3.4.4. Sauna 90° C

Während dieses Bades steigt der systolische Druck innerhalb der ersten 7 min initial um 12 mm Hg an und erreicht nach dem Bad - bezogen auf den Ausgangswert - eine Zunahme von 20 mm Hg ($p \leq 0,005$). Die Verlaufskurve des diastolischen Druckes zeigt innerhalb des mittleren Fehlers eine gleichbleibende Tendenz. Der Anstieg des systolischen Druckes bewirkt eine Erhöhung der Blutdruckamplitude während des Bades.

Abb. 12 - Systolischer und diastolischer Druck während des Bades

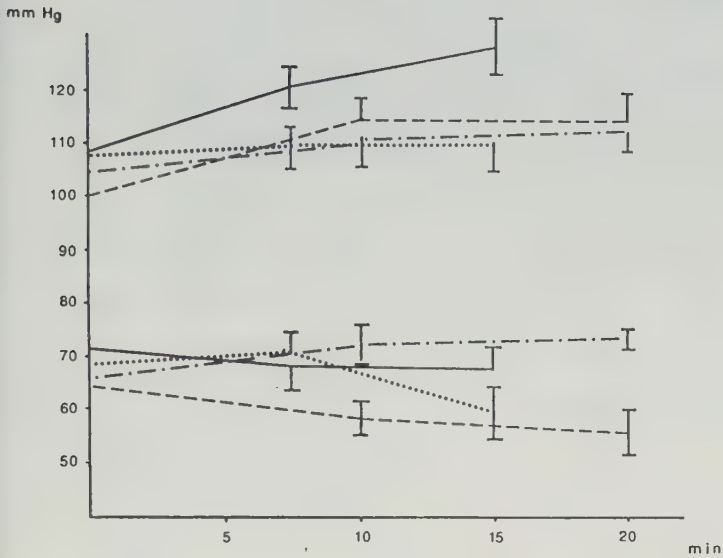
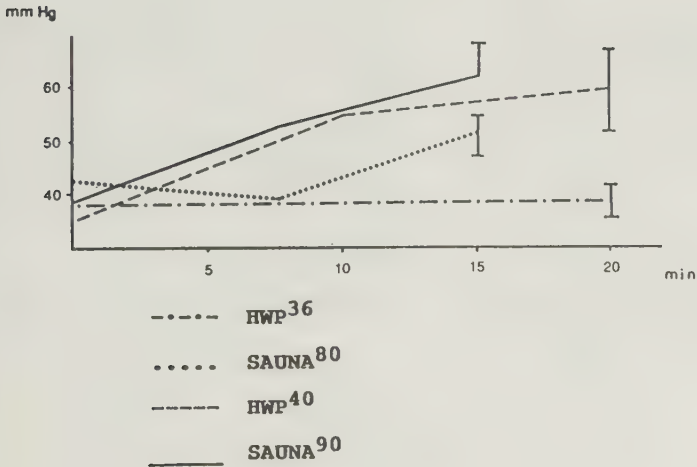


Abb. 13 - Blutdruckamplitude



3.5. ORTHOSTASETEST

3.5.1. HWP 36° C

Die Blutdruck- und Pulswerte verhalten sich vor und nach dem Bad weitgehend identisch. Es bestehen keine signifikanten Differenzen der Blutdruckamplitude vor und nach dem Bad.

Abb. 14 - Blutdruck

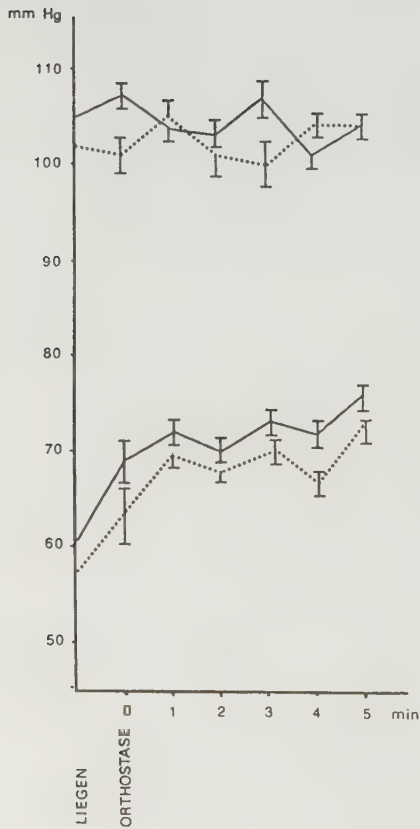
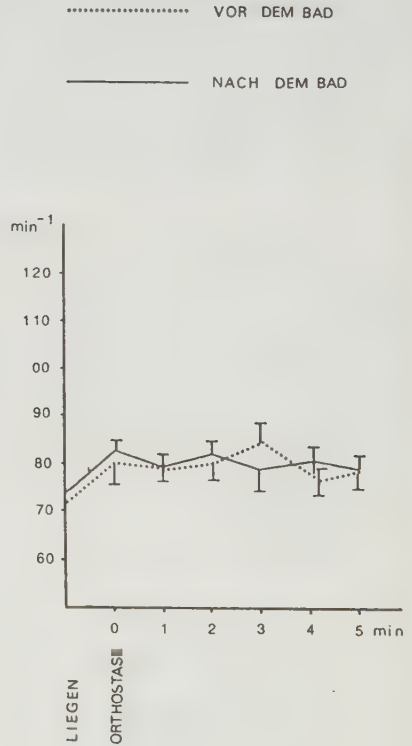


Abb. 15 - Herzfrequenz



3.5.2. HWP 40° C

Nach dem Bad zeigt die Herzfrequenz im Verlauf des Orthostasetests eine signifikante Erhöhung gegenüber dem Vergleichswert vor dem Bad.

(0. min Orthostase $p \leq 0,005$;

5. min Orthostase $p \leq 0,05$)

Die systolischen und diastolischen Drücke sind nach dem Bad erniedrigt. ($RR_{diast.} p = 0,05$).

Die Blutdruckamplitude ist nach dem Bad sowohl in der horizontalen als auch in der vertikalen Körperposition erhöht. In der Abnahme der Amplitude beim Übergang von horizontal nach vertikal ist nach dem Bad kein signifikanter Unterschied zu den Meßergebnissen vor dem Bad festzustellen.

Abb. 16 - Blutdruck

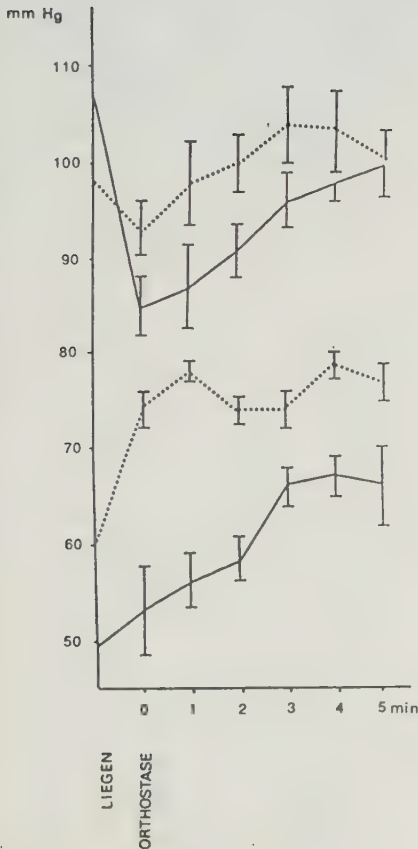
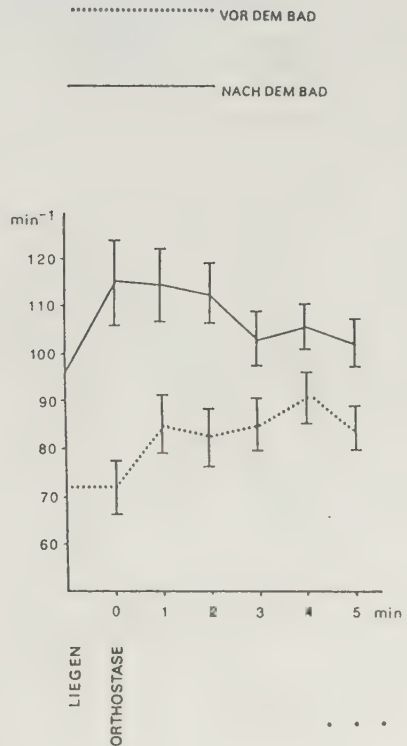


Abb. 17 - Herzfrequenz



3.5.3. Sauna 80° C

Die Herzfrequenz ist gegenüber dem Ruhewert vor dem Bad erhöht. Der Unterschied ist signifikant. ($p \leq 0,05$). Der diastolische Druck zeigt im Vergleich zum Ausgangswert eine signifikante Abnahme ($p \leq 0,05$ 0. min Orthostase) in horizontaler und vertikaler Körperposition. Im Verlauf des Orthostasetests nach dem Bad sind die Veränderungen des systolischen Druckes identisch mit den Werten vor dem Bad. Insgesamt resultiert eine Erhöhung der Blutdruckamplitude nach dem Bad. Diese Amplitude fällt nach dem Bad während der ersten Minuten in vertikaler Position stärker ab als vor dem Bad.

Abb. 18 - Blutdruck

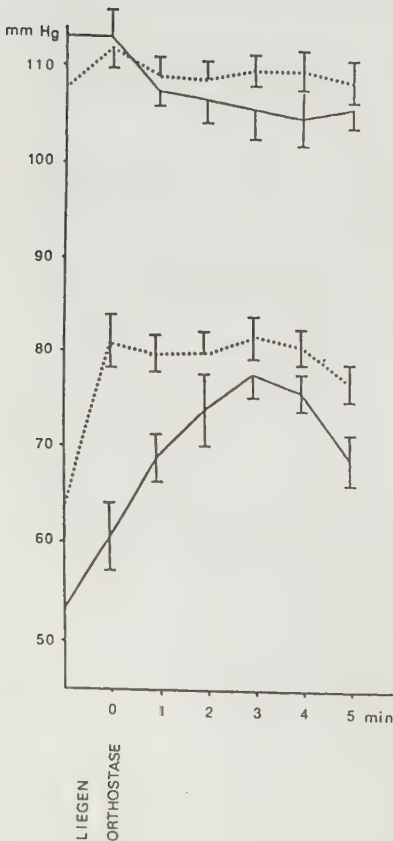
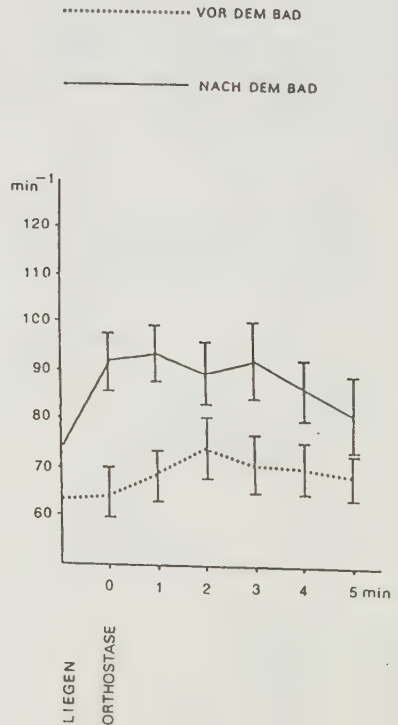


Abb. 19 - Herzfrequenz



3.5.4. Sauna 90° C

Die Herzfrequenz während des Orthostasetests ist nach dem Bad gegenüber den Ruhewerten vor dem Bad erhöht. Der Unterschied ist signifikant ($p \leq 0,001$).

Es zeigt sich weiterhin eine signifikante Abnahme des diastolischen Druckes in den ersten beiden Minuten in Orthostase ($p \leq 0,001$) und ein Absinken des systolischen Blutdrucks von der zweiten bis zur dritten Minute in Orthostase, der Unterschied ist signifikant ($p \leq 0,05$). Nach dem Bad erreicht die Blutdruckamplitude höhere Meßwerte, das Absinken der Amplitude während der ersten Minuten in Orthostase ist nach dem Bad stärker ausgeprägt.

Abb. 20 - Blutdruck

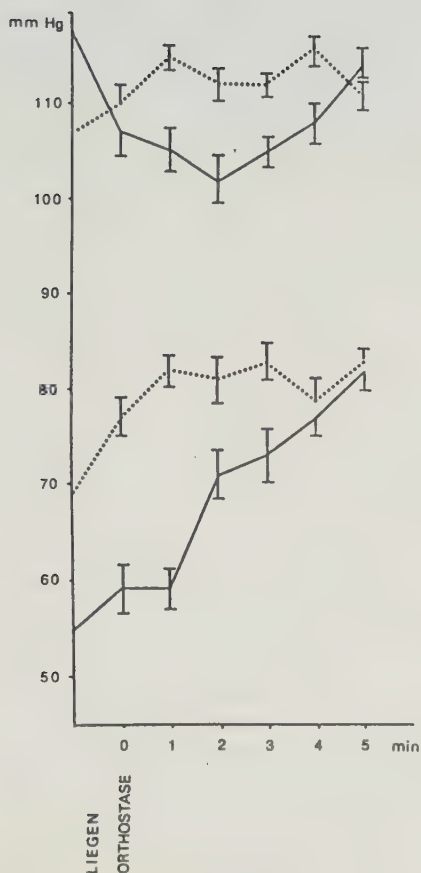
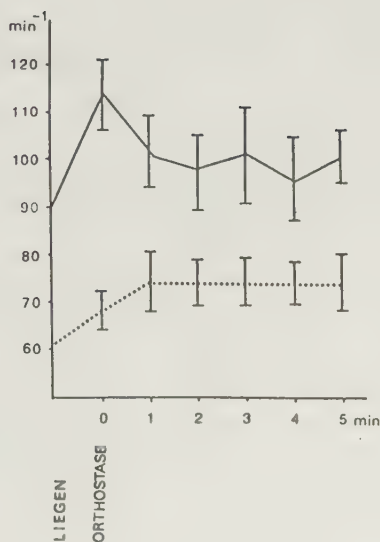


Abb. 21 - Herzfrequenz



3.6. SUBJEKTIVES WOHLBEFINDEN UND TEMPERATUREMPFINDUNG

Bei der Befragung konnten nicht alle Antworten der Probanden protokolliert werden. Es ergeben sich deshalb zur Auswertung unterschiedliche Stichprobenumfänge:

HWP 36 n = 11; HWP 40 n = 15;

Sauna 80 n = 12; Sauna 90 n = 13

Zahlenangaben erfolgen als Prozentzahlen der o. e. Stichprobenumfänge.

Abb. 22 - Wohlbefinden

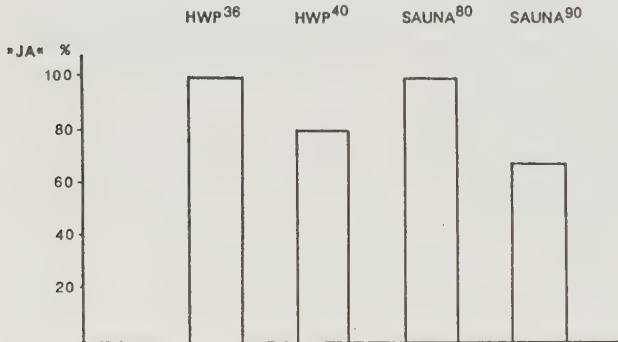


Abb. 23 - Mißbefinden



Auf die Frage: "Ist Ihnen die Badetemperatur angenehm?" antworteten die Probanden mit "Ja" in folgenden Prozentzahlen:

Abb. 24

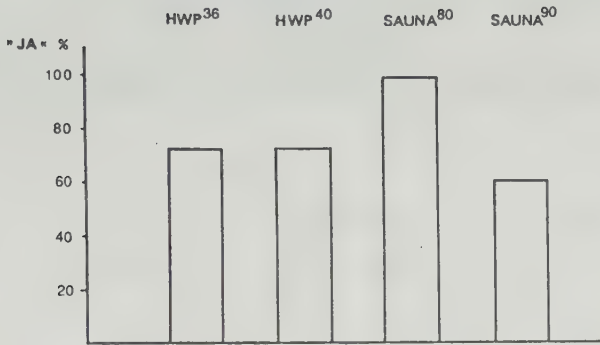
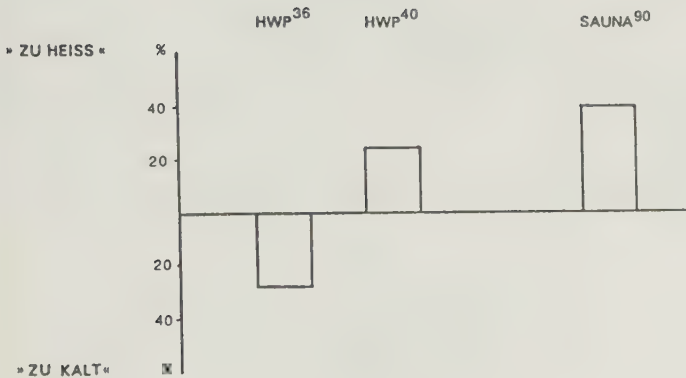


Abb. 25



3.7. LATENZZEIT, REAKTIONSZEIT

Die Latenzzeiten horizontal sakkadischer Augenbewegungen wurde an allen 15 Probanden gemessen. Es ergeben sich jedoch reduzierte Stichprobenumfänge, da einige Meßergebnisse aufgrund technischer Defekte des Gerätes unvollständig bzw. nicht auswertbar waren.

	HWP 36		HWP 40		Sauna 80		Sauna 90	
	vor	nach	vor	nach	vor	nach	vor	nach
VP 1					177	199	186	187
2					189	224	213	228
3	187	213	216	250				
5	182	184	178	185	188	197	199	189
7	189	170			175	167	181	195
11	201	198	172	197	176	192	166	173
13	173	182	229	202	191	180	170	201
12	188	196					211	183
14			176	199	208	196	196	226
15	207	235			227	202	211	227
16	201	224	267	238	201	186	195	224
17	202	197	190	201	177	213	189	184
18	192	186	175	172	167	164	200	210
19			242	245	188	219	262	234
20	202	202	196	192	185	196	185	184

Tab. 4 - Latenzzeiten vor und nach den Bädern in ms

Abb. 26 - Histogramme der Latenzzeiten vor und nach den Bädern

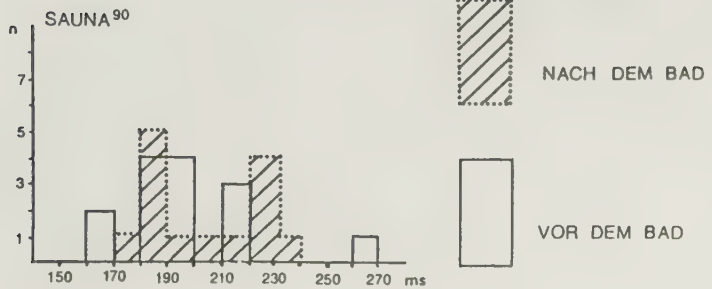
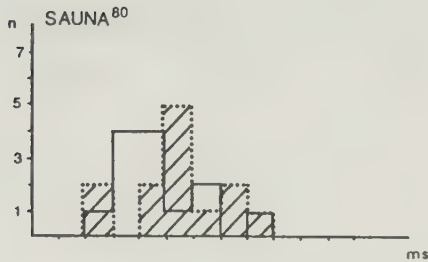
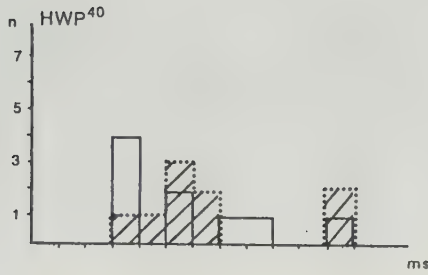
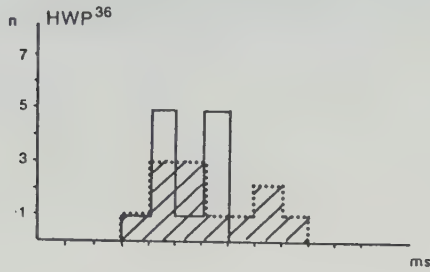
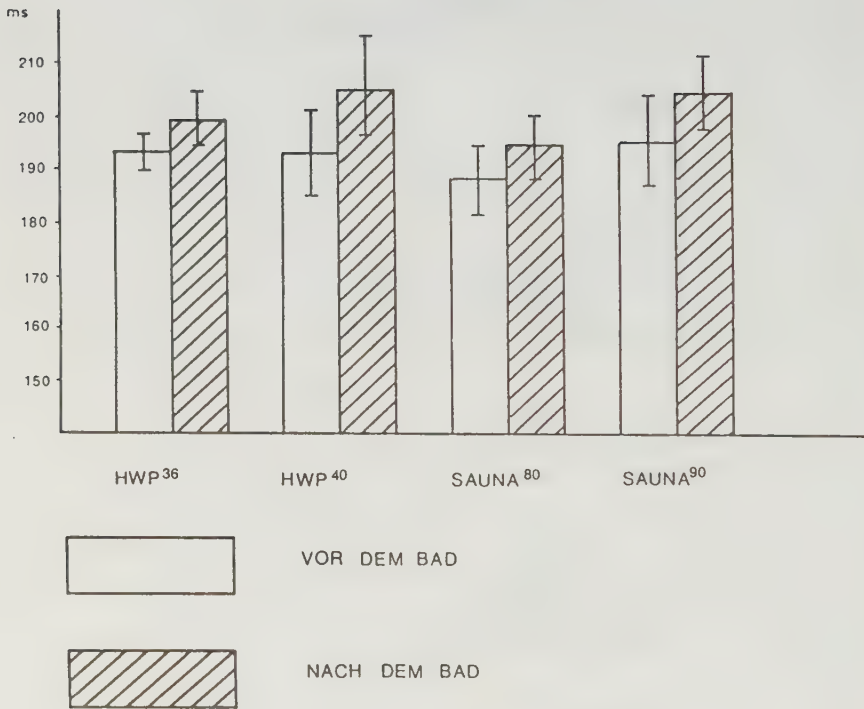


Abb. 27 - Mittelwerte der Latenzzeiten



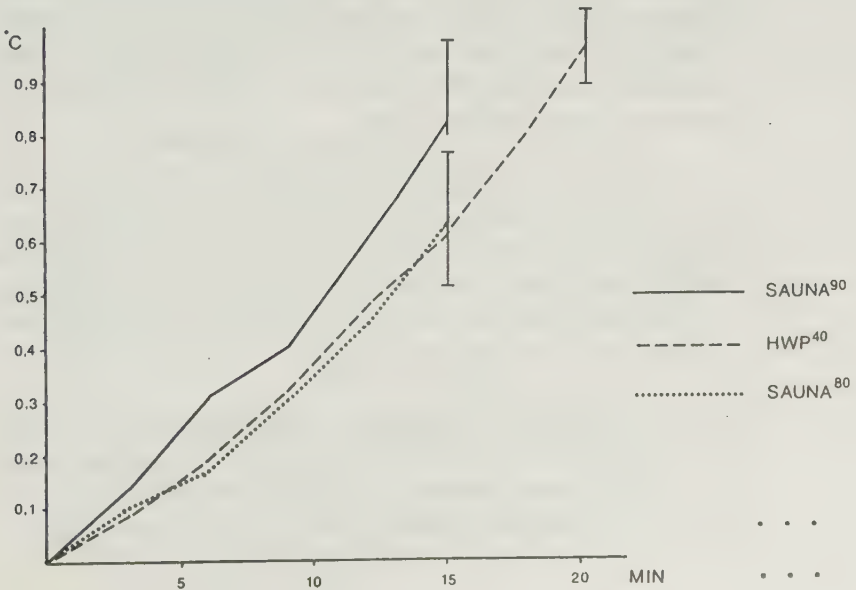
4. DISKUSSION

4.1. DISKUSSION DER EINZELNEN PARAMETER

4.1.1. Rektaltemperatur (T_r)

Unsere Untersuchungen haben gezeigt, daß bei den bestehenden Streuungen der SEM in diesem Vergleich die Sauna 90°C das Bad mit der pro Zeiteinheit größten Wärmeaufnahme im Körper zu sein scheint. Nach 15 min erfährt die T_r in der Sauna 90°C eine Zunahme von $0,82^{\circ}\text{C}$, im HWP 40°C dagegen nur $0,65^{\circ}\text{C}$. Auffallend ist eine weitgehende Übereinstimmung der Graphen des Temperaturverlaufs der T_r in der Sauna 80°C und in dem HWP 40°C . Innerhalb der ersten 15 min steigt die T_r in den Grenzen der Meßgenauigkeit identisch an.

Abb. 28 - Relativer Anstieg der Rektaltemperatur als Differenz zum Ausgangswert



Die T_r erhöht sich nach 20 min HWP 40°C stärker ($0,97^\circ\text{C}$) als nach 15 min Sauna 90°C . Über daraus resultierende Konsequenzen für die Badezeit im HWP wird im allgemeinen Teil der Diskussion eingegangen. Es sei darauf hingewiesen, daß die Unterschiede des Temperaturanstieges in der Sauna 80°C , Sauna 90°C und im HWP 40°C statistisch nicht als signifikant gesichert werden konnten.

Die gemessenen Änderungen der T_r im HWP 36°C und HWP 40°C entsprechen den Ergebnissen von GEHRKE (1982) und BÜHRING (1981). HEIL (1981) berichtet nach 20 min Luftsprudelbad 36°C einen Anstieg um $0,2^\circ\text{C}$, nach 20 min Luftsprudelbad 40°C eine Zunahme von $1,3^\circ\text{C}$ und liegt mit seinen Ergebnissen um $0,2$ bzw. $0,3^\circ\text{C}$ über unseren gemessenen Werten. Diese Differenzen dürften auf die unterschiedliche Immersion der Probanden in das Badewasser zurückzuführen sein: In dieser Versuchsreihe mußte der Arm des Probanden, in dem die Verweilkanüle befestigt war, aus Gründen der Hygiene außerhalb des Badewassers verweilen. Daraus resultiert eine geringere Wärmeaustauschfläche. Weiterhin stellt nach DREXEL (1960) die obere Extremität eine Körperstelle mit einer gegenüber anderen Körperpartien im Überwärmungsbad erhöhten Wärmestromdichte dar.

Die von uns ermittelte Erhöhung der Rektaltemperatur in der Sauna kann wegen in der Literatur unterschiedlich angegebener Methodik nur bedingt verglichen werden. Es zeigt sich jedoch innerhalb der vergleichbaren Temperaturbereiche und Badezeiten eine Übereinstimmung mit HASAN (1954) und PIIRONEN (1963).

Da die unter l.l. erwähnte Voraussetzung der guten Wärme-Isolation der Probanden durch 30 min Ruhe unter einer Wolldecke (EEG-Ableitung vor dem Bad) gewährleistet war, kann die Zunahme der Rektaltemperatur als

Näherungsmaß für die durch den Organismus absorbierte Wärmeenergie gelten. Ein Vergleich der relativen Zunahme der Rektaltemperatur (siehe Abb. 28) zeigt eine pro Zeiteinheit identische Wärmeaufnahme des Organismus in der Sauna 80° C und im HWP 40° C.

Nach unseren Ergebnissen ist die Summe aller in der Sauna 80° C auftretenden Wärmeströme annähernd gleich dem Wärmestrom, den ein Bad im 40° C temperierten HWP bewirkt.

Dieser größenmäßig gleichzusetzende Wärmestrom wird durch unterschiedlich hohe Temperaturgradienten bewirkt. Bei einer mittleren Hauttemperatur von 30° C verhalten sich diese Temperaturgradienten in der Sauna 80° C und im HWP 40° C wie 5:1. Als mögliche Einflußgrößen auf die unterschiedliche Wärmeaufnahme in Relation zum Temperaturgradienten kommen folgende Aspekte in Betracht:

Die Wärmeleitzahl

gibt die Wärmemenge an, welche pro Grad Temperaturdifferenz in 1 Sekunde 1 cm fortgeleitet wird. Sie ist eine Stoffkonstante und beträgt im Wasser ca. den 27fachen Betrag des Wertes von Luft.

Die erzwungene Konvektion

durch Verwirbelung des Badewassers im HWP zerstört die Grenzschicht des Bademediums, in der sich ein Temperaturgefälle vom Bademedium zur Haut aufbaut und im unbewegten Wasser nach DREXEL (1963) etwa 1 cm beträgt. Die Wärmeübergangszahl α als Proportionalitätsfaktor der Gleichung (1)

$$q = \alpha (\vartheta_W - \vartheta_F)$$

Q = Wärmestrom; ϑ_F = Flüssigkeitstemperatur; ϑ_W = Wandtemperatur des Körpers

kann durch erzwungene Konvektion um ein Vielfaches steigen (nach DREXEL (1963) 5 - 17 x).

. . .

Weiterhin ist die Wärmeübergangszahl α von der Art des gewählten Bademediums abhängig. DREXEL (1963) bestimmte die Wärmeübergangszahlen während eines 40° C temperierten Armabades (Wasser) und errechnete einen 20fachen Wert von α im Vergleich zur Luft als Umgebungsmedium.

In der Sauna wird ein Wärmestrom durch Strahlung bewirkt, der von der Absorptionszahl und vom Temperaturgradienten abhängig ist. Dieser Wärmestrom addiert sich zu den durch Leitung und Konvektion verursachten Wärmeströmen.

Weiterhin entsteht in der Sauna durch Verdunstung von Schweiß ein vom Körper auf das Bademedium gerichteter Wärmestrom, welcher deshalb in der Bilanz der vom Körper aufgenommenen Wärmemenge unter negativem Vorzeichen berücksichtigt werden muß. Dieser Wärmestrom beträgt nach FRITSCH (1974) für einen Erwachsenen (1,8 m² Körperoberfläche) 2,2 KJ min⁻¹.

Der Einfluß des körperinneren Wärmewiderstandes sei an folgender **Gleichung (2)** (DREXEL 1963) dargestellt:

$$Q_S = \frac{\vartheta_K - \vartheta_B}{R_K + R_B} F$$

Q_S = Wärmestrom

ϑ_K = Körpertemperatur

ϑ_B = Badewassertemperatur

F = Körperoberfläche

R_B = Wärmeübergangswiderstand zwischen Körper und Bademedium

R_K = Summe der Teilwiderstände (aus innerem Wärmeübergangswiderstand zwischen dem Körperinneren und der nicht durchbluteten Hautschicht) und dem Wärmeleitwiderstand der Epidermis

Demnach ist der Wärmestrom proportional zum Temperaturgradienten und umgekehrt proportional zur Summe der auftretenden Wärmewiderstände. Der innere Wärmeübergangswiderstand zwischen dem Körperinneren und der nicht durchbluteten Hautschicht ist u. a. von der Strömungsgeschwindigkeit in den Blutgefäßen abhängig (DREXEL 1963). Der vasodilatierende Effekt des Luftsprudels (SCHWARZ 1961; STIEVE 1952) auf die Hautgefäße und die erhöhte Hautdurchblutung (SCHWARZ 1961; STIEVE 1952) legen die Vermutung einer Verminderung des inneren Wärmeübergangswiderstandes im HWP nahe.

Die in Gleichung (2) dargestellte Abhängigkeit der Wärmeaufnahme von der Körperoberfläche wurde mit einer Regressionsanalyse überprüft. Die Berechnung der Körperoberfläche erfolgt nach DUBOIS (16) mit der Formel: Körperoberfläche (cm²) = 71,84 x Gewicht^{0,425} x Länge^{0,725} (siehe Tab. Anhang).

Wie die Streuung der Einzelwerte in Abb. 29 zeigt, differieren die Anstiege der Rektaltemperatur bei Probanden mit gleicher Körperoberfläche bis zum 6fachen Wert.

Die Regressionsanalysen ergeben folgende Gleichungen:

Sauna	90° C	y =	1,71 - 0,48 x
Sauna	80° C	y =	- 0,17 + 0,44 x
HWP	40° C	y =	1,32 - 0,39 x

Die Korrelationskoeffizienten (Sauna 90° C r = -0,20; Sauna 80° C r = 0,25; HWP 40° C r = -0,36) weisen auf eine Unabhängigkeit des Anstieges der Rektaltemperatur von der Körperoberfläche hin.

Dieses Ergebnis steht nicht im Widerspruch zu der in Gleichung (2) dargestellten Abhängigkeit des Wärmestromes von der Körperoberfläche. Wie ebenfalls aus Gleichung (2) ersichtlich ist, stellt der körperlinnere Wärmewiderstand einen weiteren wesentlichen Faktor

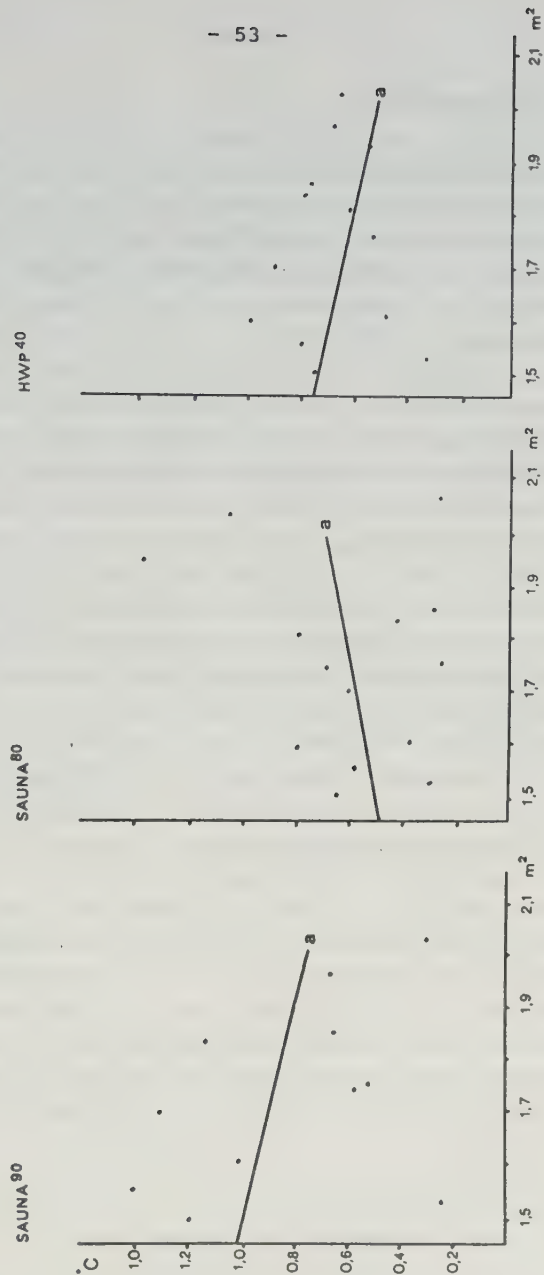
für das Ausmaß der Wärmeübertragung dar. Dieser innere Wärmewiderstand setzt sich, wie bereits erwähnt, aus dem Wärmeleitwiderstand der Epidermis und dem Wärmeübergangswiderstand zwischen Körperinnerem und der nicht durchbluteten Hautschicht zusammen.

Da unser Probandenkollektiv bezüglich der Ausprägung des subcutanen Fettgewebes sowie der Stärke der Epidermis breit gestreut war, liegt die Vermutung einer Einflußnahme dieser Faktoren auf den Wärmeübergang nahe.

Für eine genauere Messung der Abhängigkeit des Wärmestromes von der Körperoberfläche sind deswegen genaue Kenntnisse über die Stärke der Cutis und Subcutis sowie ihrer thermophysikalischen Eigenschaften notwendig.

Abb. 29 - Regression des Rektaltemperaturanstieges in Abhängigkeit der Körperoberfläche

a = Regressionsgerade



4.1.2. Hauttemperatur

Obwohl die Ergebnisse der Änderungen der Hauttemperatur an verschiedenen Bereichen der Körperoberfläche statistisch als nicht signifikant beurteilt werden müssen, lassen sich doch bei den Bädern und den anatomischen Meßpunkten teilweise charakteristische Temperaturveränderungen beschreiben.

Erwartungsgemäß steigt die Hauttemperatur nach dem HWP 36-Bad nicht an. Der geringe Temperaturabfall aller Körperbereiche wird auf den Wärmeverlust durch Verdunstung bis zum Zeitpunkt des Abtrocknens der Probanden zurückgeführt.

Im Vergleich der hypertherm wirksamen Bäder zeigt sich bei beiden Saunastufen eine weitgehende Übereinstimmung der Hauttemperaturänderung. Eine Differenz des Temperaturverlaufs ergibt sich aus dem Vergleich des Bades im HWP 40 und den Bädern in der Sauna. Die Temperatur der Stirn verändert sich beim Bad im HWP nicht, da sie gegenüber dem Saunabad keinem direkten Wärmefluß durch das Bademedium ausgesetzt ist.

Weiterhin findet sich eine Abhängigkeit der Zunahme der Körperschalentemperatur von ihrer anatomischen Lage. An den Akren (Handrücken) ist eine ausgeprägtere Zunahme meßbar als an zentraler gelegenen Hautarealen. Diese Beobachtung steht im Einklang mit der von DREXEL (1960) beschriebenen unterschiedlich großen Wärmestromdichte in Abhängigkeit von der anatomischen Lokalisation.

Nach Abkühlung der Probanden durch das 14° C temperierte Tauchbad weist die Stirntemperatur die geringste Differenz gegenüber der Temperatur nach der Wärmeanwendung auf. Da die Probanden nur wenige Sekunden mit dem Kopf unter Wasser verweilten, erklärt sich die an der Stirn nur relativ geringe Abkühlung.

Dagegen wurde die Bauchregion sowie die freie Hand (ohne Butterfly-Kanüle) für ca. 15 Sekunden der Umgebungstemperatur von 14° C ausgesetzt. Ein Vergleich der Abkühlung zwischen Hand und der Bauchregion zeigt nach allen untersuchten Bäderarten einen deutlich stärkeren Temperaturabfall an der Bauchregion.

ASCHOFF (1947) wies nach, daß die Körperschale in der Lage ist, absinkende Außentemperaturen mit "überschießender" Steuerung der Wärmedurchgangszahl zu beantworten. Dieser Steuerungsmechanismus mit der Regelgröße der Vasokonstriktion peripherer Gefäße kann den Wärmedurchgang am Rumpf nur wenig verändern (ASCHOFF 1956). Während die Wärmedurchgangszahlen des ganzen Körpers von kalten zu warmen Umgebungsbedingungen - also von Vasokonstriktion zu Vasodilatation - im Verhältnis 1:5 anwachsen, gelten an der Hand Vergleichswerte von 1:30 und am Finger 1:60 (ASCHOFF 1947).

Diese Verminderung der Wärmedurchgangszahl an den Akren scheint während der folgenden 10 Minuten nach dem Tauchbad weiterhin zu bestehen. Der nach allen Tauchbädern zu beobachtende Anstieg der Körperschalentemperatur ist an den Akren (Handrücken) am geringsten, die zentraleren Hautabschnitte (Bauch) erwärmen sich schneller.

Ein Vergleich der Wiedererwärmung nach dem Tauchbad weist zwischen den einzelnen Bädern keine signifikanten Unterschiede auf.

4.1.3. Herzfrequenz (HF)

Werden die während des Bades gemessenen Herzfrequenzen auf ihren Anstieg pro Zeiteinheit analysiert, so bleibt im HWP 36 die Pulsfrequenz nach einem initialen Anstieg im Verlauf des Bades unverändert. Diese kurzfristige Frequenzzunahme dürfte durch unspezifische Afferenzen somatischer und visceraler Nerven ausgelöst werden. Wie der Verlauf der Rektaltemperatur zeigt (siehe 4.1.1.), erfolgt im HWP 36 weder eine positive noch negative Wärmebelastung; die damit verbundenen hämodynamischen Konsequenzen bleiben aus.

Die hypertherm wirksamen Bäder zeigen eine signifikante Zunahme der Herzfrequenz. Als Reaktion auf die starke Wärmeaufnahme des Organismus durch ein Überwärmungsbad erfolgt eine Steigerung des konvektiven Wärmetransports innerhalb des Körpers, wobei die Steigerung der Blutströmungsgeschwindigkeit zum Teil durch eine erhöhte Herzfrequenz bedingt ist (20).

Viele Autoren (11; 30; 42; 48) berichten einen kontinuierlichen Anstieg der HF während der Hitzeexposition in der Sauna. Als Differentialquotient zur Badezeit nennen FRITSCH (1974) und RIEDER (1982) eine Beschleunigung der HF von 3 Schlägen/min² bei einer Badetemperatur von 94° C (RIEDER 1982) und 100° C (FRITSCH 1974). Dies entspricht unseren Ergebnissen in der Sauna 90 (3,5 min⁻²), während in der Sauna 80 eine geringere Beschleunigung beobachtet wird (2,4 min⁻²).

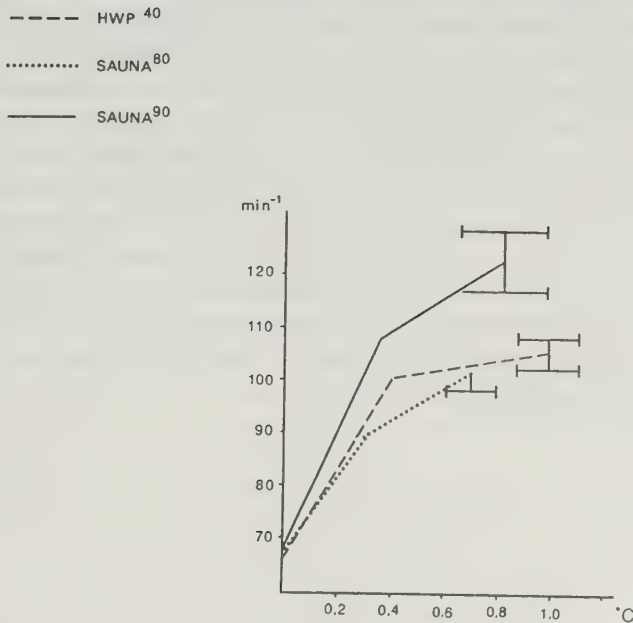
Die Ergebnisse im HWP 40 liegen mit einer Erhöhung der HF um 2,0 min⁻² im Bereich der Sauna 80 und sind mit den Ergebnissen von GEHRKE (1982) gleichzusetzen.

Im Vergleich zu HEIL (1981), der das Luftsprudelbad (LSB) auf seine physiologischen Effekte untersuchte und bei 40° C eine Beschleunigung der HF um 2,2 min⁻² beschreibt (HF = 43 min⁻¹ in 20 min), zeigt der HWP 40 gleiche Ergebnisse.

Analog ist die Erhöhung der HF im HWP 36 mit der des LSB 36° C identisch.

Nicht nur in der Beschleunigung, sondern auch in der Gesamterhöhung der HF nach dem Bad zeigen sich deutliche Unterschiede: 15 min Sauna 90 stellen eine höhere Kreislaufbelastung dar als ein 20minütiges Bad im HWP 40. Dieses Ergebnis gewinnt an Bedeutung, wenn es in Bezug zur Rektaltemperatur betrachtet wird. Abb. 30 zeigt den Anstieg der HF in Abhängigkeit der Rektaltemperaturerhöhung. Die Werte wurden aus den Abbildungen 8 und 25 entnommen und mit den jeweiligen mittleren Fehlern der Standardabweichung eingezeichnet.

Abb. 30 - Anstieg der HF in Abhängigkeit der Erhöhung der Rektaltemperatur



Der Verlauf der Kurven des HWP 40 und der Sauna 80 kann als identisch betrachtet werden.

Im HWP 40 wird bei gleichem Anstieg der Rektaltemperatur eine geringere Zunahme der HF beobachtet als in der Sauna 90. Dieser Unterschied wird mit ansteigender Rektaltemperatur deutlicher: die mittleren Fehler weichen voneinander ab. Am Ende des Bades im HWP 40 wird bei höherer Rektaltemperatur (siehe Abb. 30) eine gegenüber der Sauna 90 verminderte Herzfrequenz beobachtet.

Einen ähnlichen Effekt beschreibt HELL (1981) als puls-senkenden Einfluß der mechanischen Luftsprudelwirkung in einem Vollbad.

Für das Zustandekommen dieser Herabsetzung der HF lassen sich zwei Theorien diskutieren:

1. Der hydrostatische Druck des Wassers im HWP veranlaßt eine intrathorakale Volumenverschiebung des Blutes (EKERT 1956) und bewirkt durch eine erhöhte Faserausgangslänge am Ventrikel eine Zunahme der Kontraktilität (FRANK-STARLING Mechanismus) und damit eine Reduzierung der Herzfrequenz. Nach JARISCH (1950) kommt es jedoch trotz der Blutverschiebung und des Druckanstiegs im rechten Vorhof nur zu einer geringfügigen Veränderung der Kreislaufdynamik, da durch vagale Effenzen eine Hemmung der Herzleistung eintritt. Diese Effenzen werden durch dehnungsempfindliche Rezeptoren im Herzen ausgelöst und von medullären Zentren gesteuert (BEZOLD-JARISCH-Effekt).

2. Der Luftsprudel im HWP veranlaßt durch Eigenresonanzschwingungen im Organismus sowie durch Erregung oberflächlicher Mechanorezeptoren (KRÖLING 1981) eine Luftsprudelmassage. Die auftretenden Kräfte reichen mit großer Wahrscheinlichkeit aus, therapeutisch nutzbare Wirkungen in Zusammenarbeit mit den bekannten thermischen Wirkungen des Bades zu entfalten (KRÖLING 1981).

4.1.4. Blutdruck, Blutdruckamplitude

Ein Vergleich des Blutdrucks in den Überwärmungsbädern zeigt eine geringe, nicht signifikante Senkung der Diastole, ein Befund, der auch von anderen Autoren in der Sauna (5; 18; 32) im HWP 40 (22) und im Luftsprudelbad (25; 34) beschrieben wird.

Die beobachtete Erhöhung des diastolischen Druckes im HWP 36 steht im Einklang mit GEHRKE (1982), HEIL (1981) berichtet dagegen ein Absinken.

Über die Wirkung eines Saunabades auf den systolischen Druck werden, wie eingangs erwähnt, in der Literatur unterschiedliche Angaben gemacht. Die dabei beschriebenen Unterschiede der systolischen Drucksenkung (5; 18) bzw. Drucksteigerung (10; 32) scheinen von der thermischen Belastung (20) abhängig zu sein, die Angaben über Dauer und Intensität der Hitzeexposition variieren erheblich.

In der subjektiv als "angenehm" temperierten Sauna 80 (siehe 4.1.6.) bleibt der systolische Druck nahezu unverändert, die als teilweise "zu heiß" beurteilte Sauna 90 bewirkt eine Steigerung des systolischen Druckes; ein Anhaltspunkt, die Drucksteigerung in der Sauna auch als Folge einer psychomentalen Beanspruchung und seiner psychosomatischen Reaktion zu diskutieren.

Der im HWP 40 beobachtete Anstieg des systolischen Druckes tritt in geringerem Maße auch im HWP 36 auf; ein Ergebnis, das auch von GEHRKE (1982) beschrieben wird. HEIL (1981) konnte dagegen keinen Anstieg des systolischen Druckes entdecken. Im Verlauf des Luftsprudelbades blieb der systolische Druck annähernd konstant.

Tab. 5 - Arterieller Mitteldruck im Bad in mm Hg

	HWP 36	HWP 40	Sauna 80	Sauna 90
vor dem Bad	85	82	88	90
Mitte des Bades	90	87	90	85
Ende des Bades	93	84	86	98

Der mittlere arterielle Druck wurde annäherungsweise als arithmet. Mitteldruck errechnet, da keine zeitkontinuierlichen Druckdiagramme vorlagen. Da diese Werte nur im Vergleich beurteilt werden, wird der allen Mitteldruckwerten zugrunde liegende systematische Fehler vernachlässigt.

Die Einwirkung hoher Umgebungstemperaturen läßt auf eine Erweiterung der Hautgefäße und eine Eröffnung arteriovenöser Shunts schließen. Ein Absinken des arteriellen Mitteldruckes durch Verminderung des peripheren Widerstandes ist die Folge. Das von GEHRKE (1982) beobachtete Absinken des arteriellen Mitteldrucks kann im HWP für dieses Probandenkollektiv nicht bestätigt werden: Im HWP 40 und in der Sauna 80 wird der arterielle Mitteldruck bei Absinken der Diastole durch systolischen Anstieg ausgeglichen. In der Sauna 90 bewirkt die Zunahme des systolischen Druckes sogar einen Anstieg des arteriellen Mitteldrucks.

Die Zunahme der Herzfrequenz kann somit nicht allein als Gegenregulation über ein erhöhtes Herzzeitvolumen nach Stimulation der Barorezeptoren im Aortenbogen angesehen werden.

Die Erhöhung des systolischen Druckes in der Sauna 90 und im HWP 40 steht auch im Einklang mit der von BÜHRING (1981) als charakteristisch beschriebenen Steigerung des systolischen Druckes im Überwärmungsbad.

In den hypertherm wirkamen Bädern zeigt sich eine nach Wärmebelastung graduell verschiedene Erhöhung der Blutdruckamplitude. Dabei zeigen sich zwischen den Temperaturstufen und den Bäderarten keine signifikanten Unterschiede.

4.1.5. Orthostasetest

Ein Vergleich der cardiovasculären Belastung durch Orthostase zeigt eine Abhängigkeit des Regulationsmechanismus von der vorausgegangenen Wärmefaufnahme.

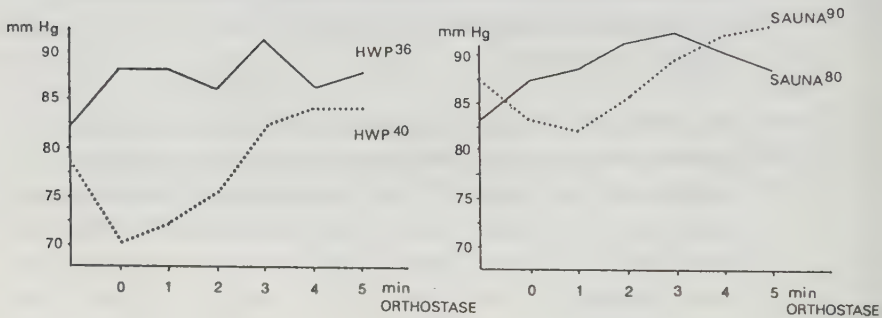
Im HWP 36 zeigt unser Probandenkollektiv nach dem Bad eine weitgehende Übereinstimmung der Änderungen des Blutdruckes sowie der Herzfrequenz mit den vor dem Bad gemessenen Werten:

Beim Übergang zur orthostatischen Position bleibt der systolische Druck weitgehend unverändert, der diastolische Druck erhöht sich, die Herzfrequenz steigt geringfügig an. Es handelt sich offensichtlich um einen Normalbefund, da das durch die Orthostase verminderte Herz-Minuten-Volumen durch eine kompensatorisch arterielläre Widerstandserhöhung mit Anstieg des mittleren arteriellen Blutdrucks sowie einer geringen Zunahme der Herzfrequenz gegenreguliert wird. Ähnliche Ergebnisse werden von GEHRKE (1982) und KRÖLING (1979) nach HWP 36 bzw. nach Luftsprudelbad 36 berichtet.

Nach den hypertherm wirksamen Bädern, insbesondere nach der Sauna 90 und nach HWP 40 ist ein starker Abfall des systolischen Druckes zu beobachten. Die initial stark ansteigende Herzfrequenz kann offensichtlich das durch den verminderten rechtsventrikulären Füllungsdruck reduzierte Minutenvolumen nicht kompensieren. Weiterhin steigt der periphere Widerstand nur zögernd und kann deswegen über eine Steigerung des arteriellen Mitteldruckes nur langsam gegenregulieren. Diese sympathikotone Reaktion (THULESIUS 1972) führte bei einigen Probanden zu den typisch klinischen Erscheinungen des Orthostase-Syndroms.

Werden die Änderungen des arteriellen Mitteldrucks nach den Überwärmungsbädern im Vergleich betrachtet, so läßt sich eine unterschiedliche vasomotorische Reaktion auf die Orthostase beobachten.

Abb. 31 - Verhalten des arteriellen Mitteldrucks während der Orthostase



Während in der Sauna 80 und im Hot Whirlpool 36 ein Anstieg des arteriellen Mitteldrucks zu beobachten ist, fällt dieser nach dem 40°C Hot Whirlpool sowie nach der 90°C-Sauna bei orthostatischer Position initial ab.

Daß dieses Absinken des Mitteldruckes mit einem erhöhten Risiko einer sympathikotonen orthostatischen Dysregulation einhergeht, zeigt die Beobachtung der Probanden während der Kipp-Tests: Von jeweils 9 Versuchspersonen traten bei drei (Sauna 90) bzw. vier (HWP 40) Probanden Symptome eines peripheren Kreislaufversagens sowie einer reduzierten cerebralen Durchblutung auf.

Nach HWP 36 und nach Sauna 80 konnte diese Reaktion nicht beobachtet werden. Analog zeigt sich nach dem HWP 40 und nach der Sauna 90 eine stärkere Zunahme der Herzfrequenz im Stehen als nach der Sauna 80.

Da das Absinken des Mitteldrucks nach HWP 40 wesentlich stärker ausgeprägt scheint als nach der Sauna 90, was durch die klinischen Befunde unserer Probanden nach den Kipp-Tests bestätigt wird, besteht Grund zu der Annahme, daß der in 4.1.3. diskutierte Herzfrequenzsenkende Effekt während des Bades im HWP 40 auch noch nach dem Bad zum Tragen kommt. Die Gegenregulation über die Herzfrequenz ist zu klein, um eine orthostatische Reaktion zu verhindern.

Dieses, im Individualfall unterschiedliche, Ausmaß der Regulationsstörung wird auch von anderen Autoren erwähnt. GEHRKE (1982) und ULBERT (1982) raten von einem 20minütigen Bad im HWP 40 ab, da eine Gefährdung aus kardiologischer Sicht nicht ausgeschlossen werden kann.

HEIL (1981) führte SCHELLONG-Tests vor und nach einem Luftsprudelbad durch und konnte bei gleicher Badedauer und -temperatur keine Symptome einer Dysregulation beobachten.

4.1.6. Subjektives Wohlbefinden und Temperaturempfinden

Obwohl die Zahl der Probanden nicht der einer repräsentativen Menge zur Meinungsumfrage entspricht und eine gering differenzierende, geschlossene Frageform gewählt wurde, können aus den Angaben einige interessante Schlüsse über das Wohlbefinden während des Bades gezogen werden.

Ein Wohlbefinden aller Probanden konnte nur im HWP 36 und in der Sauna 80 festgestellt werden, während im HWP 40 und in der Sauna 90 ein kleiner Teil des Kollektives über Unwohlsein klagte.

ULBERT (1982) führte im HWP eine Befragung nach differenzierterem Muster durch (ZEHRSEN - Befindlichkeits-skala) und gelangte zu ähnlichen Ergebnissen: Ein 20minütiges Bad im HWP 40 führt zu einer deutlichen Verschiebung des Wohlbefindens in Richtung Mißbefinden.

Nach den Ergebnissen dieser Arbeit läßt sich diese Tendenz zum Mißbefinden auch während eines Bades in der Sauna 90 nachweisen.

Die Frage nach der Temperaturempfindung wurde nur in der Sauna 80 von allen Probanden als angenehm bezeichnet. Den HWP 40 und die Sauna 90 empfand ein Teil der Probanden als zu heiß, eine andere Gruppe beurteilte den HWP 36 als zu kalt.

Besondere Beachtung verdient die Tatsache, daß ein Teil der Versuchspersonen den HWP 40 als zu heiß beschreibt. Nach unseren Meßergebnissen wird der Organismus durch das 20minütige Bad im HWP 40 einer annähernd gleichen Wärmebelastung ausgesetzt wie durch ein 15minütiges Bad in der Sauna 90 (3.1.1.). Ob sich die Beobachtung an

unseren Probanden, die 80° Sauna mit ihrer Wärmelast besser zu tolerieren als das Bad im HWP 40, auf ein größeres Kollektiv übertragen läßt, muß Gegenstand weiterer Untersuchungen mit höherer Probandenzahl sein.

Unser Kollektiv fühlte sich beim Bad in der Sauna 80 am wohlsten.

Bei annähernd gleicher Erhöhung der Rektaltemperatur zeigten unsere Probanden in der Sauna 80° C eine geringere Sensibilität der Thermorezeption als im Vergleichsbad HWP 40° C. Einen Hinweis auf die Ursache dieser offensichtlichen Herabsetzung der Thermosensibilität in der Sauna gibt die "paradoxe Kaltempfindung" (37).

Dieser von vielen Saunagängern beschriebene Effekt eines kurzdauernden Fröstelns bei Betreten der Sauna ist als Dauerentladung der Kaltrezeptoren zu sehen, die neben ihrem tieferen Temperaturbereich auch durch Hauttemperaturen zwischen 45° C und 50° C entladen werden (37). Ähnlich der kühlenden Empfindung des auf die Haut applizierten Menthols wird nach dem selben Mechanismus eine Verschiebung des physiologischen Arbeitsbereichs in einen höheren Temperaturbereich bewirkt (37).

HEIL (1981) beobachtete im Luftsprudelbad ebenfalls eine Herabsetzung der Thermosensibilität als Folge einer Irritation der Mechanorezeptoren. Diese Verschiebung des Thermorezeptionsbereiches scheint einen geringeren Effekt auf das subjektive Empfinden zu haben als die oben erwähnte paradoxe Kaltempfindung in der Sauna.

Da diese Kaltempfindung erst in einem Temperaturbereich von 45° bis 50° C auftritt, kann dieser Mechanismus im Hot Whirlpool bei 40° C nicht tragen.

4.1.7. Latenzzeit (LZ), Reaktionszeit

Die in der Versuchsserie bestimmte Reaktionszeit der Probanden wurde als Latenzzeit bestimmt, die vom Zeitpunkt eines Lichtreizes bis zur erfolgten sakkadischen Augenbewegung vergeht. Eine Beeinflussung ist durch Übung nicht möglich (ASCHOFF 1971) und die für die Sakkaden benötigte Zeit ist nach CARLOW (1975) vom momentanen Wachheitszustand abhängig.

KÖHLER (1979) bestimmte nach dieser Methode die Reaktionszeit von Starfighter-Kampfpiloten vor und nach einem Übungsflug und stellte eine Verlängerung der Latenzzeit nach psychophysiologischen Beanspruchungen sowie eine Verkürzung der LZ nach Alarmreaktion fest.

Die an unserem Probandenkollektiv gemessenen Werte der Reaktionszeiten zeigen nach allen Bädern eine geringfügige, nicht signifikante Zunahme der Latenzzeit. Verglichen mit den Ergebnissen von ULBERT (1982) zeigt sich eine Übereinstimmung der Zunahme der Latenzzeiten nach den hypertherm wirkenden Bädern. Nicht im Einklang mit ULBERT (1982) steht das Ergebnis nach dem Bad im 36° C temperierten Hot Whirlpool. Dieser Autor berichtet nach einem 20 min Bad im HWP 36° C eine signifikante Verkürzung um 9 ms, im HWP 40° C eine signifikante Verlängerung um 8 ms.

Die differierenden Ergebnisse erklären sich aus einer unterschiedlichen Versuchsanordnung: ULBERT bestimmte die Reaktionszeiten jeweils eine halbe Stunde vor bzw. nach dem Bad, während nach der Versuchsanordnung der vorliegenden Arbeit diese Zeiträume wesentlich länger waren.

Wie aus 2.6. zu erkennen ist, wurden die vor und nach dem Bad bestimmten Latenzzeiten am Anfang bzw. am Ende des umfangreichen Untersuchungsprogrammes gemessen. In den Zeiträumen, die zwischen gemessener Latenz und durchgeführtem Bad zwischen einer und eineinhalb Stunden variierten, wurden die weiteren Parameter dieser Versuchsserie wie EEG, Blutentnahme, Orthostasetests, Temperaturmessungen und respiratorische Parameter bestimmt. Dabei kam es gemäß dieser komplexen Versuchsanordnung zu Schwankungen der individuellen Versuchsdauer. Um eine Abhängigkeit der gemessenen Latenzzeitveränderungen von der variierenden Dauer der Versuche zu untersuchen, wurden die Korrelationskoeffizienten bestimmt:

HWP 36° C $r = 0,17$

HWP 40° C $r = - 0,23$

Sauna 80° C $r = 0,28$

Sauna 90° C $r = 0,23$

Die starke Streuung der Einzelwerte um die Regressionsgeraden

HWP 36° C $y = - 6,81 + 6,22 x$

HWP 40° C $y = 39,88 - 12,53 x$

Sauna 80° C $y = - 41,99 + 18,45 x$

Sauna 90° C $y = - 48,27 + 23,48 x$

zeigen eine geringe Wahrscheinlichkeit der Versuchsdauer als Einflußgröße auf die Latenzzeitveränderungen.

Von größerer Bedeutung für die weitgehend übereinstimmende Zunahme der Latenzen nach allen Bädern scheint demnach nicht die für die weiteren gemessenen Parameter benötigte Zeit zu sein, sondern Bestimmung dieser Parameter selbst.

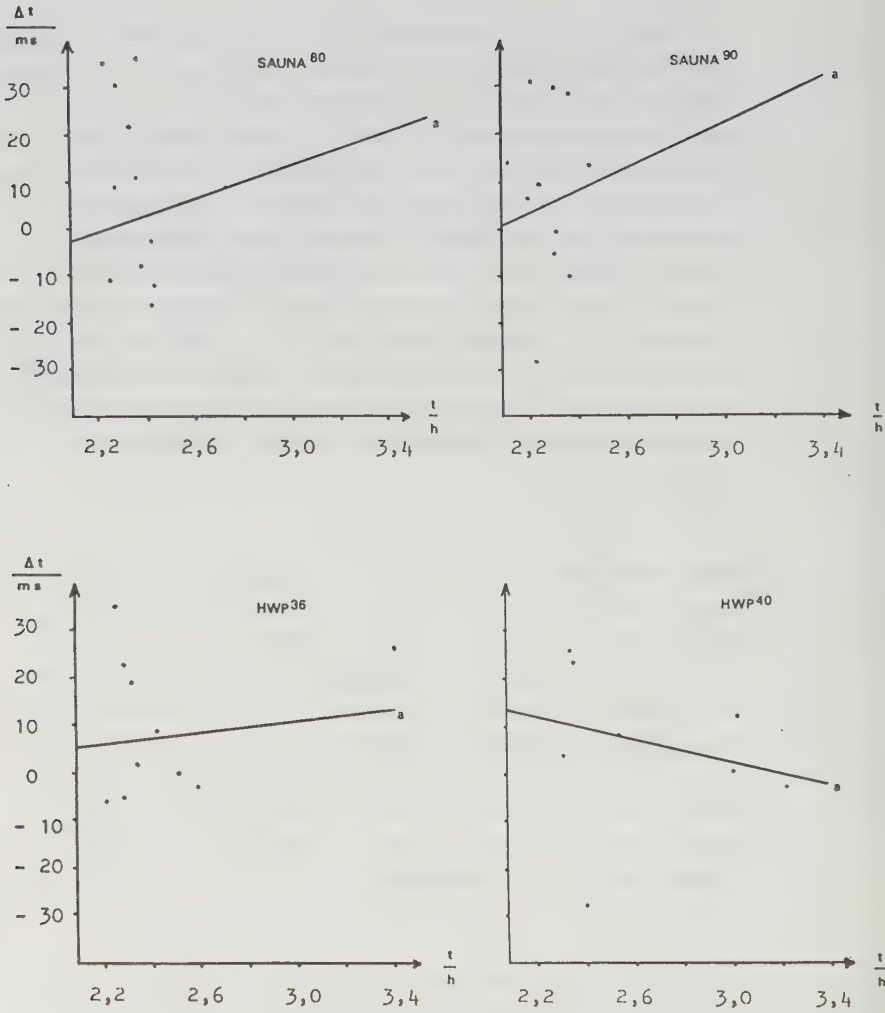


ABB. 32 ABHÄNGIGKEIT DER LATENZZEIT VON DER VERSUCHSDAUER

a = REGRESSIONSGERADE

Die gemäß der Versuchsanordnung nach dem Bad durchgeführten Messungen wie EEG, Blutentnahmen und Orthostatetest lassen sich somit als weitere Einflußgrößen auf die Vigilanz diskutieren. Demnach kann durch diesen gewählten Versuchsablauf nicht entschieden werden, ob die ermittelten Veränderungen der Latenzzeit auf die einzelnen Bäder selbst oder auf andere Einflußgrößen zurückzuführen sind.

Vorausgesetzt, die o. e. potentiellen Störfaktoren sind ohne Einfluß auf die gemessenen Latenzzeiten, kann der Schluß gezogen werden, die von ULBERT (1982) berichtete Latenzzeitverkürzung nach dem Bad im HWP 36° C ist nach einer Stunde nicht mehr nachweisbar.

4.2. GESAMTBETRACHTENDE BEURTEILUNG

Ein Vergleich von zwei hypertherm wirksamen Bädern, mit unterschiedlichen thermophysikalischen Parametern der Wärmeübertragung, ist mit der Schwierigkeit einer exakten Definition zur Wirksamkeit eines Bades verbunden. So ist es möglich und auch üblich, die Wirksamkeit eines Bades anhand seiner Auswirkungen auf das cardiovasculäre System zu definieren.

Für diese Versuchsreihe wurde als causaler Faktor für die im Organismus durch das Bad ausgelösten Reaktionen die Änderung der Rektaltemperatur definiert.

Wird der Organismus einem hyperthermen Umgebungsmedium ausgesetzt, so wird beim Überschreiten des Indifferenzpunktes zuerst der Wärmespeicher der Körperschale aufgefüllt (13). Der von der Peripherie nach zentral fließende Blutstrom bewirkt die Zunahme der Temperatur des Körperkerns, die durch die Temperaturmessung im Ösophagus oder im Rektum zu bestimmen ist. Somit stellt die Rektaltemperatur in dieser Arbeit die Vergleichsgröße zur Beurteilung verschiedenster anderer Parameter dar, die sich im Laufe eines Bades verändern können.

Für das Saunabad und das Bad im HWP wurde die Badetemperatur so festgelegt, daß die Erhöhung der Rektaltemperatur als Funktion der Badezeit in beiden Bädern möglichst identisch ist. Dies ist in der Sauna bei 80° und im HWP bei 40° C annähernd der Fall. An den hämodynamischen Auswirkungen während dieser Bäder sind keine signifikanten Unterschiede festzustellen. Nach den Bädern zeigen sich geringfügige Differenzen, die auf die längere Verweildauer der Probanden im HWP (siehe Methodik) zurückzuführen sind. Während des Bades wurden Unterschiede in der subjektiven Beurteilung der Bäder festgestellt. Trotz analoger Erhöhung der Rektaltemperatur schienen die Probanden das Bad in der Sauna bei 80° C dem Bad im HWP bei

40° C vorzuziehen. Da zum Zeitpunkt der Befragung die Wärmebelastung der Probanden in beiden Bädern annähernd gleich stark war, lassen sich für diese Tendenz zum Mißbefinden während des Hot Whirlpoolbades die taktile Reizung durch die Wasserverwirbelung und der akustische Reiz des betriebenen Kompressors diskutieren. Beim Vorversuch empfand auch der Autor den Schallpegel während des Bades im HWP als unangenehm.

Ein deutlicher Unterschied zwischen dem 40° C-Bad im HWP und der Sauna bei 80° C ist im Vergleich der orthostatischen Belastung nach den Bädern festzustellen. Während nach der Sauna 80° C kein einziger Proband eine orthostatische Dysregulation zeigte, waren nach dem Bad im HWP 40° C bei einigen Versuchspersonen deutliche Symptome des peripheren Kreislaufversagens zu beobachten. Diese Beobachtung läßt in Verbindung mit dem in 4.1.1. beschriebenen, herzfrequenzsenkenden Effekt im HWP eine Irritation der Stellgröße Herzfrequenz vermuten. Ob diese Irritation als Folge des mechanischen Reizes durch den Luftsprudel angesehen werden kann, läßt sich mit der Versuchsanordnung dieser Arbeit nicht beantworten.

Der Hot Whirlpool läßt sich sicherlich als eine Variante des Überwärmungsbades therapeutisch einsetzen, wenn einige grundlegenden Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden. Als wichtigste Punkte dieser Vorsichtsmaßnahmen sind neben einer entsprechenden Wasserhygiene (7) ein weitgehender Ausschluß der kardiovaskulären Gefährdung im Sinne einer orthostatischen Dysregulation nach dem Bad zu nennen. Aufgrund unserer Untersuchungen sind länger als 15 min dauernde Bäder im HWP bei 40° C nicht zu befürworten. Bis zur Badezeit von 15 min scheint das 40° C Bad im HWP so gut toleriert zu werden wie ein 15minütiger Saunagang bei 80° C.

. . . .

Falls aus speziellen Indikationen längere Badezeiten erwünscht sind, sollte die Badetemperatur 39°C nicht überschreiten. Genauere Untersuchungen bei Badetemperaturen zwischen 37°C und 39°C sind vonnöten.

Nach unseren Ergebnissen treten nach einem 90°C -Bad in der Sauna, einer Badetemperatur, die oft in öffentlichen Saunen erreicht wird, ähnlich stark ausgeprägte orthostatische Dysregulationen auf wie nach dem Bad im HWP 40°C . Ebenso scheint ein kreislaufgesunder Badender subjektiv ein Bad im HWP 40°C ebenso zu tolerieren, wie ein 15minütiges Bad in der Sauna bei 90°C .

4.3. KRITIK DER METHODE

Wie bereits in 4.2. erwähnt, ist eine vergleichende Untersuchung zur Wirksamkeit von zwei aus thermophysikalischer Sicht verschiedenen Bädern mit der Schwierigkeit verbunden, einen gemeinsamen Faktor beider Bäder zu definieren, der eine direkte Vergleichbarkeit gestattet.

Bei der vorliegenden Untersuchung wurde von der Annahme ausgegangen, daß die Wirksamkeit eines Bades durch die beabsichtigte Änderung der Körpertemperatur zu beurteilen ist. Dementsprechend wurde die Versuchsordnung so gewählt, daß die Erhöhung der Rektaltemperatur bei beiden Bädern annähernd identisch sei.

Wird jedoch das physikalische Prinzip der Wirksamkeit als Produkt aus Energie und Zeit zugrunde gelegt, ergibt sich eine weitere Forderung an die Versuchsordnung, die bei der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt wurde. Demnach stellt die Dauer der Energiezufuhr den zweiten wesentlichen Faktor dar, der zur vergleichenden Beurteilung bei beiden untersuchten Bädern identisch sein sollte. Dies war bei der bestehenden Versuchsordnung nicht der Fall.

Zwar können die während des Bades zum gleichen Zeitpunkt erfaßten Parameter direkt miteinander verglichen werden. Bei der Beurteilung jener Parameter, welche vor bzw. nach dem Bad ermittelt wurden, muß jedoch die unterschiedliche Dauer des Bades mit berücksichtigt werden. Deshalb ist es mit dieser Arbeit nicht möglich, die beobachteten Unterschiede allein auf die spezifische thermophysikalischen Eigenschaften der untersuchten Bäder zurückzuführen.

Einen weiteren Aspekt in der kritischen Beurteilung dieser Arbeit stellt die Anzahl der gemessenen Parameter dar. Bedingt durch eine große Zahl von teilweise zeitintensiven Untersuchungsmethoden wie z. B. EEG-Ableitungen

oder psychometrischen Tests, ergab sich eine Gesamtversuchsdauer von bis zu fünf Stunden bei einer zu untersuchenden Badedauer von maximal 20 Minuten. Wie die Auswertung der Reaktionszeiten (siehe 4.1.7.) zeigt, muß davon ausgegangen werden, daß ein eventuell nur kurz andauernder Effekt der untersuchten Bäder nicht mehr erfaßt wird.

Nicht nur die Anzahl, sondern auch die Auswahl und Kombination der gewählten Untersuchungsparameter muß einer kritischen Würdigung unterzogen werden. Da der Versuchsablauf unter anderem Untersuchungstechniken beinhaltet, die von den Probanden als belastend empfunden wurden (Orthostasetest in Hyperthermie, Analyse der Expirationsluft während des Bades), kann eine gegenseitige Beeinflussung der gemessenen Parameter, insbesondere auf Herzfrequenz, Blutdruck und Psychometrie nicht ausgeschlossen werden.

Für eine detailliertere Fragestellung zur Auswirkung der untersuchten Bäder auf den badenden Organismus ergibt sich somit die Forderung nach weiteren Untersuchungen mit einem streng begrenzten Untersuchungsprogramm.

. . .

5. ZUSAMMENFASSUNG

In einer vergleichenden Studie mit 15 gesunden Probanden wurden in randomisierter Reihenfolge die Auswirkungen eines Saunabades mit denen eines Bades im Hot Whirlpool (HWP) auf verschiedene physiologische und psycho-mentale Parameter untersucht.

Bei jeweils zwei verschiedenen Badetemperaturen waren die Versuchsbedingungen so gewählt, daß sie mit den in der allgemeinen Praxis durchgeführten Bäderanwendungen vergleichbar waren. Der Vergleich dieser beiden thermophysikalisch different wirkenden Bäder führte zu folgenden Ergebnissen:

1. Bei einem Vergleich zwischen der 80° C und der 90° C temperierten Sauna scheint der HWP 40° mit der auftretenden Wärmebelastung eher mit der 80° C Sauna vergleichbar.
2. Das Bad in einer Sauna bei 90° C scheint tendenziell eine stärkere Zunahme der Rektaltemperatur zu bewirken als ein Bad im HWP 40° C. Die damit verbundenen Konsequenzen als Belastung des kardiovaskulären Systems sind während und nach dem Bad in der Sauna 90° stärker ausgeprägt.
3. Bei annähernd gleicher Wärmelast tolerieren die Badenden die Hyperthermie des Bades in der Sauna 80° C besser als im HWP 40° C.
4. Nach einem Bad im HWP 40° C treten gehäufte orthostatische Dysregulationen auf als nach einem Saunabad bei 80° C.

5. Ein belebender, erfrischender Effekt im Sinne einer Verkürzung der Reaktionszeit der Badenden nach der Bäderanwendung konnte nicht nachgewiesen werden.

Aus unseren Ergebnissen lassen sich Empfehlungen zur Durchführung eines Badeganges im Hot Whirlpool ableiten, die das Risiko einer orthostatischen Dysregulation und des peripheren Kreislaufversagens deutlich herabsetzen:

1. Die Badetemperatur sollte 39° C nicht überschreiten
2. Maximale Badedauer im hyperthermen Whirlpool 15 Minuten
3. Nach dem Bad sofortige Abkühlung des Körpers

Unter diesen Bedingungen erscheint der als Hyperthermie auftretende, therapeutische Effekt und das Risiko einer orthostatischen Dysregulation nach beiden Überwärmungsbädern als annähernd identisch.

6. L I T E R A T U R

1. ASCHOFF, J. C. Phänomene sakkadischer Augenbewegungen
in ihrer Bedeutung in der Flugmedizin,
Zbl. Verkehrs-Med. 17: 129 - 137 (1971)
2. ASCHOFF, J. Pflügers Arch. 249: 112 (1947 a)
3. ASCHOFF, J. Wechselwirkungen zwischen Kern und Schale
im Wärmehaushalt. Archiv für Phys.
Therapie 3: 113 (1956)
4. BACHMANN, K.
HOFFMANN, H.
GÜNTNER, W.
ZERZAWY, R. Ergebnisse telemetrischer Kreislaufunter-
suchungen beim Saunabadvorgang.
Sauna Archiv 9: 1 - 7 (1971)
5. BRÖMME, L. Der Einfluß unterschiedlicher Formen der
Abkühlung während des Saunabadens auf
ausgewählte Herz-Kreislauf-Parameter bei
Gesunden und bei Patienten mit Hypertonie.
Zschr. Physiother. 29: 193 - 199 (1977)
6. BÜHRING, M. Zur Physiologie und zur Pathophysiologie
der Hyperthermie.
Habilitationsschrift: Frankfurt/M. (1981)
7. BURKHART, C. G. Pseudomonas Folliculitis Development after
the Home Use of Personal Whirlpool Spa.
Cutis 25: 642 f (1980)
8. BURTON, A. C.
BAZETT, H. C. A Study of the average Temperature of the
Tissues of the Exchanges of Heat and
Vasomotor Responses in Man by Means of a
Bath Calorimeter.
Am. J. Physiol. 117: 36 (1936)
9. CARLOW, T.
DELL'OSSO, L. F.
TROOST, R. B.
DAROFF,
BIRKETT, J. E. Saccadic Eye Movements Latencies to
Multimodal Stimuli, Intersubject
Variability and Temporal Efficiency.
Vision Research Vol. 15: 1257-1262 (1975)
10. CONRADI, E.
SCHNEIDER, CH. Untersuchungen zum Verhalten des Kreis-
laufs im Verlaufe einer Serie Saunabäder.
Zschr. Physiotherapie 28: 335 - 341 (1976)
11. DAVIES, H. Cardiovascular Effects of the Sauna
Am. J. Phys. Med. 54: 178 - 185 (1980)
12. DIRNAGL, K.
DREXEL, H. Zur Wärmewirkung verschiedener Bäderarten
Zschr. für angewandte Bäder- und Klima-
heilkunde Nr. 8: 592 - 606 (1961)

. . .

13. DREXEL, H. Über den Wärmeaustausch im Bad und
die Regelung der Körpertemperatur.
Habilitationsschrift München (1963)
14. DREXEL, H. Hydro- und Thermotheapie in
klinisches Lehrbuch der Phys.
Therapie: GROBER, J. (Hrsg.)
4. Auflage S. 231 (1963)
15. DREXEL, H. Wärmestrommessungen im Bade
Arch. Phys. Ther. 12: 169 (1960)
16. DUBOIS Wiss. Tabellen. Documenta Geigy
Ed. J. R. Geigy AG Pharma Basel,
7. Auflage Basel 1969
17. DZIUBA, K. Neu Ergebnisse über die Wirkung der
einzelnen Phasen des Saunabadevorgangs
auf die Herz- und Kreislauffunktion.
Sauna Archiv 2: 15 - 24 (1959)
18. EISALO, A. Effects of the Finnish Sauna on Circu-
lation. Studies on Healthy and Hyperten-
sive Subjects.
Ann. Med. Exper. et Biol. Fenniae 34
Suppl. 4 (1956)
19. EKERT, F. Röntgenkymographische Untersuchungen
der zentralen Kreislauforgane während
therapeutischer Bäder und die hydro-
statische Druckerhöhung. Ihre Technik,
Ergebnisse und Entwicklungsmöglichkeiten.
Arch. Phys. Ther. 8: 66 (1956)
20. FRITSCHKE, I. u. Die wissenschaftlichen Grundlagen des
W. Saunabades
Sauna Archiv 12: 30 - 63 (1974)
21. FRITSCHKE, W. Ergebnisse einer Befragung von Sauna-
besuchern.
Sauna Archiv Gr. 02: 7 - 30 (Lief 4 1979)
22. GEHRKE, A. Beeinflussung der Kreislaufregulation
ULBERT, V. durch 20minütige Bäder in Heißwasser-
GALL, H. Sprudelbecken (Hot Whirlpools) bei
SIEBERT, B. Temperaturen von 36° C und 40° C.
Zschr. Phys. Med. Baln. Klim. 11:
446 - 455 (1982)
23. GEHRKE, A. Der Einfluß hyperthermer Badeformen
ULBERT, V. (Sauna, Dampfbad, Whirlpool) auf immuno-
SIEBERT, B. logische Parameter (Komplementsystem)
DREXEL, H. Zschr. Phys. Med. Baln. Klim. 13:
15 - 16 (1984)

24. HASAN, J.
NIEMI, M. Metabolic Responses of Human Subjects to Severe Acute Thermal Stress. Acta Physiol. Scand. 31: 137 - 146 (1954)
25. HEIL, W. Wirkungen kühler, indifferenter und warmer Bäder mit und ohne Luftsprudelzusatz auf Körpertemperatur, Kreislauf-, Herz- und Atemfunktion, Plasmacortisol und weitere physiologische Parameter. Med. Diss. München (1981)
26. HEILAND, J. Untersuchungen über die Wirkungen von Luftsprudelbädern und Süßwasserbädern auf integrale Hauttemperatur, Blutdruck- und Pulsverhalten unter Berücksichtigung des Lebensalters. Med. Diss. Hamburg (1978)
27. HÖPPE, P. Energiebilanz des Menschen. Münchner Universitätsschriften, Fachbereich Physik, Universität München, Meteorologisches Institut. Wiss. Mitteilungen Nr. 49 München 1984
28. JARISCH, A. Der Kreislauf im Bade und bei Änderungen der Körperstellung. Z. Phys. Ther., Bäder- und Klimaheilkunde 3: 7 (1950)
29. KLINGLER-
MANDIG, H. Der Kreislaufkranke in der Sauna Sauna Archiv 2: 115 - 121 (1950)
30. KNORRE von, E. Über einige vegetative Regulationen im Saunabad. Balneologie 10: 221 - 227 (1943)
31. KÖHLER, G. Das Verhalten von Latenzzeiten sakkadischer Augenbewegungen unter psychophysischen Beanspruchungen. Med. Diss. München (1979)
32. KOSUNEN, K. J.
PAKARINEN, A. J.
KUOPPASALMI, K.
ADLERCHREUTZ, H. Plasma Renin Activity, Angiotensin II, and Aldosterone during Intense Heat Stress. Int. Journ. of Appl. Physiol. 41: 323 - 329 (1976)
33. KRAUSS, H. Möglichkeiten und Grenzen der Sauna in der Übungsbehandlung Herz- und Kreislaufkranker. Arch. Phys. Ther. 5: 34 - 38 (1953)
34. KRÖLING, P.
HEIL, W.
DREXEL, H.
DIRNAGL, K. Untersuchungen zur Wirkung von Luftsprudelbädern gegenüber gleich temperierten Wasserbädern. Z. Phys. Med. Baln. Klim. 8: 257- 266 (1979)

35. KRÖLING, P. Das Luftsprudelbad. Wirkungen, Anwendung,
HEIL, W. Gefahren.
DREXEL, H. Der deutsche Badebetrieb 11:
DIRNAGL, K. 783 - 788 (1981)

36. MÜLLER- Experimentelle Untersuchungen über die
LIMMROTH, W. physiologischen Saunawirkungen auf den
RUFFMANN, A. gesunden Menschen.
Hippokrates 33: 961 - 973 (1962)

37. MÜLLER- Neurophysiologische Grundlagen der
LIMMROTH, W. Kneipptherapie.
In: Kneipp-Therapie Hrsg. BRÜGGEMANN, W.
Springer Berlin - Heidelberg - New York
8 - 21 (1980)

38. OTT, V. R. Über Veränderungen des Elektrokardio-
gramms bei Saunabädern.
Schweiz. Med. Wchnschr. 77:
648 - 652 (1947)

39. OTT, V. R. Die Sauna - Ihre Geschichte - Die Grund-
lagen ihrer Wirkung - Ihre Anwendung
zur Prophylaxe und Therapie.
Benno Schwabe + Co.: Basel (1948)

40. PSCHYREMBEL, W. Klinisches Wörterbuch
Walter de Gruyter, Berlin - New York:
296 (1982)

41. PIIRONEN, P. The Effects of Exposures to Extremely
Hot Environments on the Temperature
Measured at the Esophagus and in the
Rectum of Man.
Technical Report, Inst. Occup. Health
Helsinki: 41 pp (1963)

42. RIEDER, K. Sauerstoffverbrauch und Kreislaufpara-
meter während der Sauna nach Herzinfarkt.
Med. Diss. München (1982)

43. RULFFS, W. Zur Beeinflussung des Blutdrucks durch
DORIAN, R. Luftsprudelbäder.
Z. Phys. Med. 6: 84 (1977)

44. RUSDEA Brief, Stenum 16.07.1976
Fachklinik für Orthopädie

45. SENATOR, H. Zur Kenntnis der Wirkungen von Luftperl-
FRANKENHÄUSER, K. und anderen gashaltigen -bädern.
Therapie der Gegenwart 45: 16 (1904)

46. SENATOR, H. Über Luftperlbäder
SCHNÜTGEN, H. Dtsch. med. Wschr. 35: 1506 (1909)

47. SCHWARZ, F. K. Der therapeutische Wert von Luftsprudelbädern.
Hippokrates 14: 564 (1961)
48. SCHRÖDER, J. Körpertemperaturen, Atmung und Kreislauf
ECKHARDT, P. in der Sauna.
Medizinische 9: 1013 - 1017 (1952)
49. SCHRÖDER, J. Kreislaufregulation und Blutgehalt der
Lunge bei Überwärmung.
Arch. Phys. Therap. 4: 86 - 102 (1952)
50. SCHUCHARD- Multivariante Analysemethoden
FICHER, C. 2. Auflage Springer Verlag Berlin (1982)
51. STIEVE von, F. E. Wirkungen und Indikationen der Aero-
therm-Bäder.
Ärztliche Praxis 4: 50 (1952)
52. THULESIUS, O. Diagnose der orthostatischen Hypotonie
FERNER, U. Z. Kreisl. Forsch. 61: 742 (1972)
53. ULBERT, V. Reaktionszeitänderungen nach Heiß-
GEHRKE, A. wassersprudelbädern.
SIEBERT, B. Z. Phys. Med. Baln. Klim. 11:
EICH, X. 456 - 462 (1982)
54. ULBERT, V. Die Wirkung des Heißwassersprudel-
EICH, X. bades (Hot Whirlpool) auf die
Befindlichkeit. Eine testpsycholo-
gische Untersuchung.
Z. Phys. med. Baln. Klim. 11:
512 - 520 (1982)
55. ZERSSEN v., D. Befindlichkeitsskala
Beltz Verlag Weinheim (1976)

7. ANHANG

7.1. BILDANHANG

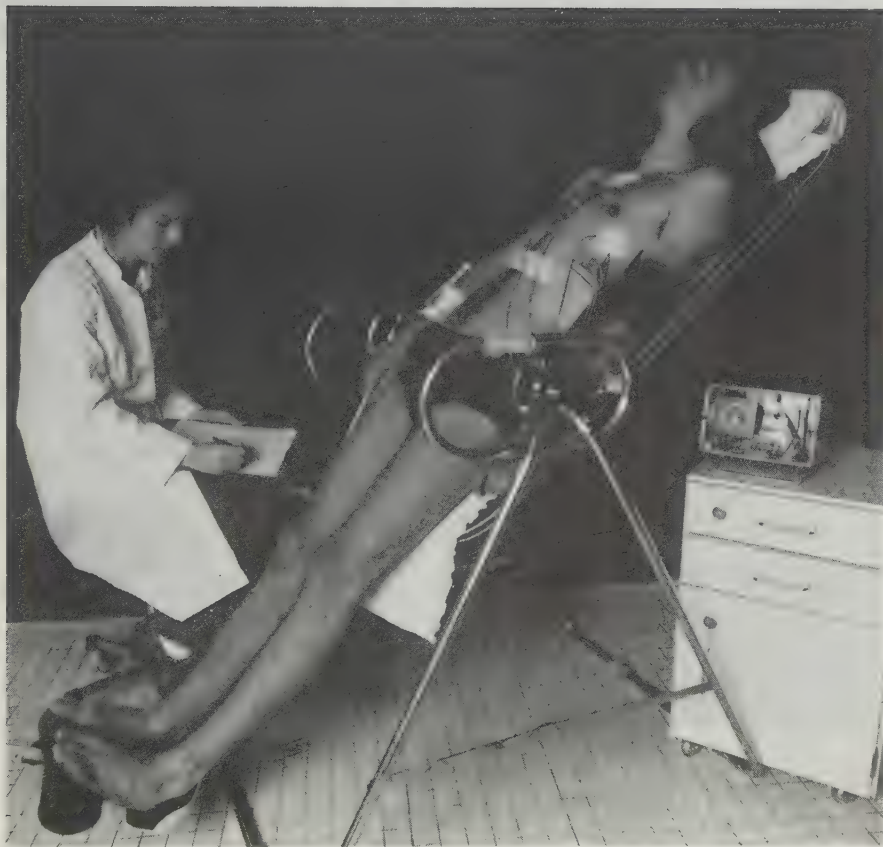
7.1.1. Messung der Reaktionszeit



Auf dem weißen Schubladenkasten ist das Steuergerät,
auf dem dahinter befindlichen Stativ ist der optische
Schacht zu erkennen.

. . .

7.1.2. Orthostasetest auf der schwenkbaren Liege



7.1.3. Blutentnahme, Puls- und Blutdruckkontrolle im Hot Whirlpool



7.2. AUSGANGSDATEN

7.2.1 Versuchspersonen

Proband Nr.	männlich weiblich	Alter	Gewicht (kg)	Größe (cm)	Oberfläche (m ²) (DUBOIS)
1	m	27	73	184	1,94
2	m	33	81	182	2,03
3	w	35	49	164	1,50
5	w	43	53	172	1,60
7	w	23	53	171	1,59
11	w	25	67	172	1,80
12	m	29	82	184	2,06
13	w	28	60	172	1,70
14	m	28	74	186	1,96
15	m	33	65	185	1,83
16	m	29	62	177	1,75
17	m	26	61	178	1,74
18	w	25	53	159	1,53
19	m	43	69	178	1,85
20	w	28	51	168	1,55

Rektaltemperatur - HWP 40° C

	0 min	3 min	6 min	9 min	12 min	15 min	18 min	20 min
VP 1	37,60	37,65	37,70	37,83	37,96	38,14	38,28	38,38
2	37,08	37,15	37,21	37,38	37,52	37,72	37,93	38,08
3	37,58	37,73	37,88	37,95	38,10	38,32	38,45	38,59
5	37,28	37,40	37,46	37,51	37,60	37,76	37,86	37,95
7	36,97	37,24	37,38	37,58	37,76	37,95	38,16	38,42
11	36,90	36,93	37,01	37,13	37,32	37,52	37,70	37,85
12	37,00	37,08	37,10	37,20	37,30	37,40	37,84	38,05
13	37,30	37,50	37,72	37,95	38,15	38,20	38,20	38,22
14	36,68	36,72	36,80	36,95	37,16	37,37	37,65	37,81
15	37,30	37,42	37,56	37,72	37,90	38,08	38,27	38,40
16	36,74	36,78	36,82	36,90	37,08	37,26	37,50	37,65
17	-	-	-	-	-	-	-	-
18	37,22	37,30	37,37	37,42	37,51	37,55	37,62	37,74
19	36,65	36,72	36,90	37,12	37,24	37,40	37,60	37,75
20	37,24	37,43	37,58	37,82	37,92	38,03	38,22	38,48
X	37,13	37,22	37,32	37,46	37,61	37,76	37,95	38,10
STD	0,29	0,33	0,35	0,36	0,36	0,35	0,31	0,31
SEM	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08

Rektaltemperatur - Sauna 80° C

	0 min	3 min	6 min	9 min	12 min	15 min
VP 1	36,62	36,75	37,02	37,37	37,72	37,98
2	36,55	36,92	37,08	37,24	37,42	37,60
3	37,50	37,60	37,65	37,78	37,94	38,14
5	36,72	36,80	36,86	36,93	37,02	37,10
7	37,02	37,33	37,50	37,62	37,73	37,82
11	37,22	37,36	37,50	37,64	37,82	38,00
12	37,00	37,00	37,00	37,08	37,14	37,26
13	37,10	37,17	37,35	37,48	37,60	37,70
14	-	-	36,80	-	37,05	37,20
15	37,30	37,38	37,42	37,52	37,60	37,72
16	36,35	36,33	36,35	36,40	36,50	36,60
17	36,35	36,50	36,60	36,70	36,82	37,04
18	37,08	37,10	37,13	37,20	37,30	37,37
19	36,63	36,65	36,68	36,72	36,82	36,92
20	37,02	37,10	37,17	37,30	37,45	37,60
X	36,89	37,00	37,07	37,21	37,33	37,54
STD	0,36	0,36	0,31	0,40	0,42	0,45
SEM	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12

Rektaltemperatur - Sauna 90° C

	0 min	3 min	6 min	9 min	12 min	15 min
VP 1	36,50	36,80	36,96	37,23	37,60	38,02
2	37,00	37,10	37,13	37,15	37,20	37,30
3	36,93	37,22	37,42	37,64	37,92	38,12
5	36,65	36,92	37,15	37,28	37,43	37,65
7	37,22	37,40	37,60	37,83	-	-
11	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-
13	36,70	36,80	37,20	37,48	37,80	38,00
14	36,47	36,51	36,62	36,80	36,93	37,12
15	37,10	37,37	37,56	37,74	37,90	38,12
16	36,68	36,71	36,75	36,86	37,02	37,20
17	36,80	36,90	37,00	37,10	37,21	37,37
18	36,85	36,95	36,99	37,00	37,02	37,08
19	36,55	36,56	36,67	36,82	37,03	37,19
20	37,28	37,42	37,78	38,10	38,34	38,68
X	36,83	36,97	37,14	37,23	37,45	37,65
STD	0,27	0,31	0,36	0,39	0,46	0,52
SEM	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,15

7.2.3. Hauttemperaturen - HWP 36° C

S = Stirn

B = Bauch

H = Hand

VP-Nr.		vor Bad	nach Bad	1 min nach Tauchbad	11 min nach Tauchbad
3	S	29,7	29,1	28,4	28,0
	B	28,4	28,9	25,6	27,2
	H	30,9	27,3	25,0	26,0
5	S	29,4	28,1	28,4	28,1
	B	30,0	28,8	25,5	26,1
	H	27,1	26,6	22,8	22,0
7	S	30,8	30,8	28,7	30,8
	B	30,1	29,5	23,2	27,3
	H	28,0	27,0	22,6	25,8
11	S	28,3	-	27,3	28,6
	B	28,8	-	26,0	28,0
	H	26,1	-	26,2	26,5
13	S	-	29,4	27,2	29,0
	B	-	28,7	19,1	23,8
	H	-	25,0	15,6	21,3
14	S	29,4	27,5	26,9	27,3
	B	29,8	28,9	25,3	27,0
	H	29,0	26,8	25,1	26,4
16	S	29,3	29,1	29,0	28,9
	B	28,7	28,7	24,1	26,6
	H	24,7	26,7	22,3	23,2
17	S	29,0	29,3	27,8	29,5
	B	30,3	29,1	24,6	27,5
	H	27,6	27,2	23,7	23,5
18	S	28,9	28,9	29,5	28,6
	B	29,6	28,9	26,3	27,0
	H	25,0	-	24,7	23,3
19	S	29,5	28,9	27,4	29,0
	B	29,8	28,1	23,7	26,6
	H	28,1	26,7	22,5	24,3
20	S	30,1	29,8	29,3	28,4
	B	30,3	28,7	26,2	26,5
	H	27,9	27,6	24,5	25,6

Hauttemperaturen - HWP 40° C

S = Stirn - B = Bauch - H = Hand

VP-Nr.		vor Bad	nach Bad	1 min nach Tauchbad	11 min nach Tauchbad
1	S	-	-	-	-
	B	-	-	-	-
	H	-	-	-	-
2	S	31,6	30,0	27,8	28,5
	B	31,2	30,9	23,9	24,4
	H	31,5	29,6	24,4	24,8
3	S	-	-	-	-
	B	-	-	-	-
	H	-	-	-	-
5	S	29,2	26,6	25,1	28,9
	B	29,5	30,9	24,5	25,0
	H	30,0	28,8	25,2	28,7
7	S	29,0	30,3	28,6	29,2
	B	29,3	29,9	23,4	26,3
	H	28,7	28,6	24,7	22,3
11	S	28,2	30,9	28,9	29,7
	B	29,1	30,8	24,2	27,9
	H	26,8	28,4	24,1	27,8
12	S	-	-	-	-
	B	-	-	-	-
	H	-	-	-	-
13	S	29,8	29,7	29,0	33,5
	B	30,1	28,9	20,7	30,7
	H	28,3	29,5	23,5	30,0
14	S	29,4	27,5	26,9	27,3
	B	29,8	28,9	25,3	27,6
	H	29,6	26,8	25,1	26,4
15	S	29,5	30,0	27,9	31,7
	B	30,5	31,2	24,6	28,8
	H	29,0	30,1	25,6	30,2
16	S	29,5	30,7	26,8	29,8
	B	29,6	30,9	27,6	25,8
	H	25,5	29,6	21,9	20,8
17	S	29,1	29,5	27,6	-
	B	29,5	30,3	24,4	-
	H	25,9	29,4	26,6	-
18	S	29,5	-	29,4	29,7
	B	29,7	-	26,4	27,1
	H	24,6	-	25,3	22,9
19	S	29,5	28,9	27,4	29,0
	B	29,8	28,1	23,7	26,6
	H	28,1	26,7	22,5	24,3
20	S	29,0	28,3	27,0	29,0
	B	29,4	27,6	24,0	25,8
	H	27,5	27,5	25,0	26,6

Hauttemperaturen - Sauna 80° C

S = Stirn - B = Bauch - H = Hand

VP-Nr.		vor Bad	nach Bad	1 min nach Tauchbad	11 min nach Tauchbad
1	S	28,5	29,4	26,0	28,7
	B	30,4	30,3	22,6	25,0
	H	28,7	30,2	26,4	27,0
2	S	26,9	29,2	26,9	-
	B	28,5	30,0	25,8	-
	H	30,1	31,0	25,0	-
3	S	29,2	30,7	26,8	-
	B	28,7	31,0	25,8	-
	H	30,1	30,7	21,6	-
5	S	27,5	30,4	28,6	30,0
	B	29,3	30,0	26,7	28,4
	H	25,6	29,6	25,4	26,7
7	S	30,5	29,3	26,0	29,5
	B	28,6	30,0	23,0	27,3
	H	28,6	29,0	22,8	25,6
11	S	29,3	-	25,2	28,3
	B	29,7	-	21,1	28,0
	H	26,8	-	21,4	27,4
13	S	29,8	30,5	29,8	29,8
	B	30,2	29,3	20,4	26,7
	H	26,2	29,0	18,8	22,1
14	S	28,7	29,3	26,1	28,8
	B	29,3	29,5	24,1	26,1
	H	28,5	28,3	25,5	26,9
16	S	28,4	28,9	27,5	29,6
	B	27,9	28,5	24,0	26,8
	H	23,6	29,3	23,2	24,6
17	S	29,1	30,0	26,9	29,1
	B	29,8	29,6	23,2	26,0
	H	26,8	30,1	25,5	28,6
18	S	29,6	29,5	29,3	29,1
	B	29,9	28,8	25,5	26,4
	H	27,7	28,8	28,0	26,9
19	S	28,7	29,0	27,9	29,8
	B	29,0	29,1	24,1	26,9
	H	28,3	28,6	25,2	28,8
20	S	28,5	28,7	29,1	29,6
	B	30,2	30,1	26,1	28,6
	H	28,1	29,9	25,2	27,4

Hauttemperaturen - Sauna 90° C

S = Stirn - B = Bauch - H = Hand

VP-Nr.		vor Bad	nach Bad	1 min nach Tauchbad	11 min nach Tauchbad
2	S	29,3	29,5	28,6	29,4
	B	29,6	30,7	24,2	25,4
	H	28,9	27,8	27,6	27,5
3	S	28,6	32,1	26,8	30,4
	B	30,2	30,3	20,8	26,4
	H	28,4	31,7	23,0	24,1
5	S	28,0	30,2	26,3	28,6
	B	30,3	30,4	25,0	27,5
	H	25,0	29,0	24,8	25,5
7	S	29,8	31,8	-	-
	B	29,9	31,2	22,8	27,1
	H	28,4	29,8	22,3	23,7
11	S	29,4	-	29,2	29,9
	B	29,8	-	23,3	26,6
	H	27,4	-	23,5	27,6
12	S	29,1	30,2	29,6	29,3
	B	28,9	29,6	24,5	26,8
	H	27,8	28,9	27,6	26,5
13	S	28,8	30,0	29,4	29,0
	B	29,9	29,1	17,6	22,7
	H	24,9	28,8	17,0	21,7
14	S	29,1	29,7	26,9	28,9
	B	29,0	29,9	22,8	25,7
	H	27,7	28,6	24,9	24,4
15	S	30,7	31,0	29,7	29,9
	B	31,0	30,4	25,2	26,5
	H	29,5	30,7	27,4	29,0
16	S	29,1	30,6	30,2	29,3
	B	29,2	30,2	24,1	27,1
	H	26,5	29,9	24,9	24,3
17	S	29,4	30,4	27,5	29,6
	B	29,8	30,5	25,2	27,5
	H	29,7	30,4	25,8	28,6
18	S	30,0	31,1	27,8	27,7
	B	30,3	29,6	24,6	25,4
	H	28,6	30,3	27,8	26,4
19	S	30,0	30,4	27,8	30,0
	B	30,3	30,5	24,5	27,5
	H	29,2	29,5	25,5	28,2
20	S	29,4	-	27,7	27,2
	B	30,3	-	22,4	25,5
	H	26,3	-	25,0	27,2

7.2.4. Herzfrequenzen

VP-Nr.	HWP 36° C			HWP 40° C			Sauna 80° C			Sauna 90° C		
	vor Bad	10. Min.	Bad- ende	vor Bad	10. Min.	Bad- ende	vor Bad	8. Min.	Bad- ende	vor Bad	8. Min.	Bad- ende
1	70	75	65	80	100	106	59	92	102	80	115	120
2	64	70	70	61	90	100	63	63	103	56	105	120
3	78	78	80	92	120	120	70	110	140	46	125	140
5	64	78	80	58	96	100	72	90	108	63	102	110
7	78	83	80	62	92	112	76	86	96	64	119	100
11	67	90	84	76	116	132	87	112	-	96	132	130
12	72	69	75	72	85	103	66	70	87	58	91	105
13	82	91	84	90	142	-	90	145	-	78	127	140
14	51	68	74	64	90	96	53	92	96	64	100	135
15	60	72	70	62	100	120	58	90	110	80	125	160
16	42	60	60	60	90	100	47	75	100	48	92	108
17	63	74	72	54	92	95	48	85	95	60	80	116
18	68	74	71	60	90	96	72	96	104	82	115	114
19	72	74	74	72	88	92	72	80	90	77	88	110
20	68	80	80	86	105	120	70	-	-	122	120	144
X	67,3	75,7	74,6	68,3	99,7	107,0	66,6	90,9	103,0	69,2	108,0	122,0
STD	10,9	8,1	6,9	11,6	15,5	12,1	13,0	12,4	13,7	13,0	16,6	16,8
SEM	3,0	2,1	1,8	3,4	4,0	3,3	3,5	3,5	4,0	3,5	4,5	4,5

7.2.5. Blutdruck

S = Systole - D = Diastole

VP-Nr.	HWP 360 C						HWP 400 C					
	vor Bad			10. Min			vor Bad			10. Min		
	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D
1	115	70	125	80	110	70	120	70	110	60	110	-
2	120	74	140	80	130	80	106	73	120	70	130	50
3	84	66	120	90	120	75	105	70	140	-	100	-
5	100	64	95	60	95	65	92	69	100	65	95	65
7	115	85	85	65	80	60	95	65	90	60	130	80
11	89	56	110	70	130	90	90	60	120	55	110	-
12	120	80	110	75	130	85	120	83	110	-	100	-
13	105	65	100	55	105	60	120	80	120	50	-	-
14	87	48	125	85	135	70	105	65	145	65	170	60
15	110	50	120	65	110	70	123	61	135	65	130	45
16	104	53	100	70	110	80	96	56	105	60	100	60
17	110	75	120	80	125	85	94	64	110	60	100	55
18	120	70	110	70	110	65	110	65	115	60	120	55
19	110	75	100	60	105	70	100	55	95	55	103	71
20	95	60	90	60	90	65	82	52	90	50	110	50
X	104	66	110	71	112	73	100	65	114	59	114	54
STD	12,4	9,6	15,1	10,4	16,1	9,4	13,2	8,2	16,6	5,9	20,5	15,8
SEM	3,4	3,0	3,9	2,7	4,2	2,4	3,8	2,4	4,3	1,6	5,5	4,6

Blutdruck

S = Systole - D = Diastole

VP-Nr.	Sauna 80° C						Sauna 90° C					
	vor Bad		8. Min		Badende		vor Bad		8. Min		Badende	
	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D
1	114	52	120	85	120	45	110	75	135	60	150	55
2	126	65	140	90	145	85	110	66	115	80	130	80
2	105	70	95	65	100	60	95	80	140	75	135	75
5	101	73	105	75	110	70	101	74	100	65	95	60
7	105	60	110	65	90	55	105	70	115	70	115	80
11	100	55	130	75	-	-	121	55	130	55	150	55
12	120	80	115	85	125	85	114	91	130	85	135	90
13	115	80	125	70	-	-	110	70	120	60	120	55
14	100	40	105	50	130	35	91	50	120	70	120	55
15	120	60	110	60	110	55	125	90	135	60	145	60
16	115	77	100	70	95	55	102	63	105	45	120	50
17	82	63	85	60	105	45	104	60	115	50	165	55
18	115	80	105	70	115	70	130	90	110	90	115	60
19	125	80	100	65	100	60	110	90	120	95	130	95
20	86	72	-	-	-	-	109	52	120	60	115	80
X	109	67	110	70	112	60	109	71	121	68	129	67
STD	13,2	12,0	14,6	11,0	15,8	15,4	10,5	16,1	11,5	14,6	17,9	14,7
SEM	3,4	3,1	3,9	2,9	4,6	4,4	2,8	4,2	3,0	3,9	4,6	3,9

Orthostatetest

VP-Nr.	Bad	vor HWP 36° C				nach HWP 36° C				vor HWP 40° C				nach HWP 40° C			
		RR _S	RR _D	HF		RR _S	RR _D	HF		RR _S	RR _D	HF		RR _S	RR _D	HF	
4																	
liegen stehen		102	64	72		116	81	78		95	67	64		93	69	81	
	0 min	97	71	75		101	79	70		91	77	77		63	49	9	
	1 min	95	71	72		97	82	79		92	81	73					
	2 min	104	74	78		93	79	80		89	76	75		orthost. Reakt.			
	3 min	97	76	76		97	82	81		91	73	77					
	4 min	101	79	78		89	78	83		97	79	81					
	5 min	98	76	82		94	81	81		92	76	78					
11																	
liegen stehen		87	61	68		85	48	75								96	
	0 min	84	71	75		93	68	78								93	
	1 min	93	70	73		102	70	81						orthost. Reakt.			
	2 min	99	74	65		98	62	85								105	
	3 min	81	67	69		101	68	72								97	
	4 min	93	77	76		91	66	72								98	
	5 min	90	75	72		96	79	80								98	
14																	
liegen stehen		95	45	49		96	57	50		94	49	43		111	23	74	
	0 min	92	50	70		103	66	55		81	69	65		73	25	117	
	1 min	106	63	80		99	58	67		82	71	76		74	35	118	
	2 min	89	61	70		97	65	66		89	73	63		86	43	116	
	3 min	94	64	68		107	67	68				89		53	109	109	
	4 min	100	63	64		104	63	70				93		52	100	105	
	5 min	96	66	68		101	66	62				103		35	87	96	

VP-Nr.	Bad	vor HWP 36° C				nach HWP 36° C				vor HWP 40° C				nach HWP 40° C			
		RR _S	RR _D	HF		RR _S	RR _D	HF		RR _S	RR _D	HF		RR _S	RR _D	HF	
15																	
liegen stehen	0 min	111	50	60		113	71	61		121	60	72		115	35	92	
	1 min	114	67	64		113	72	60				97		61	118	124	
	2 min	113	71	75		108	67	69				107		63	116	119	
	3 min	117	58	70		116	58	84		121	67	79		99	59	116	
	4 min	114	77	70		111	65	60		131	71	81		102	69	99	
	5 min	115	54	65		115	73	67		127	81	86		106	69	106	
liegen stehen	0 min	112	70	70		113	76	57		119	74	69		118	79	100	
	1 min																
	2 min																
	3 min																
	4 min																
	5 min																
16																	
liegen stehen	0 min	99	45	45		99	63	43		94	66	48		109	49	62	
	1 min	104	64	40		106	69	45		100	69	49		99	61	96	
	2 min	113	61	45		107	74	48		97	78	52		103	68	81	
	3 min	103	56	55		103	75	47		100	72	52		96	67	83	
	4 min	108	55	56		97	76	47		98	68	54		105	79	89	
	5 min	107	60	55		102	75	46		95	70	62		103	78	77	
liegen stehen	0 min	104	67	48		100	73	54		86	74	61		107	81	77	
	1 min																
	2 min																
	3 min																
	4 min																
	5 min																
20																	
liegen stehen	0 min	87	51	64		103	74	66		71	63	78		101	51	119	
	1 min	96	68	94		105	76	75		89	76	76		91	61	130	
	2 min	90	66	87		99	71	93		90	77	100		94	63	121	
	3 min	80	60	93		97	72	86		91	76	98		105	63	97	
	4 min	83	56	99		93	75	88		96	72	84		107	66	71	
	5 min	80	46			95	59	85		87	81	88		98	73	106	
liegen stehen	0 min					107	68	70		93	72	79		90	72	108	
	1 min																
	2 min																
	3 min																
	4 min																
	5 min																

Orthostasetest

VP-Nr.	Bad	vor Sauna 80° C			nach Sauna 80° C			vor Sauna 90° C			nach Sauna 90° C			
		RR _S	RR _D	HF	RR _S	RR _D	HF	RR _S	RR _D	HF	RR _S	RR _D	HF	
1														
liegen stehen		110	60	62	104	49	65	96	60	61	125	52	85	
	0 min	117	78	69			107	97	74	68			100	
	1 min	112	77	77	96	55	74	107	84	70			70	
	2 min	111	74	80	97	91	60	104	80	80	98	91	60	
	3 min	108	85	84	-	-	-	108	76	82	93	45	53	
	4 min	110	79	75	100	63	82	118	75	68	orthostat. Reakt.			
5 min	119	73	72	110	49	54	105	72	70					
2														
liegen stehen		119	73	59	123	75	80	111	69	61	134	50	80	
	0 min	125	98	63	125	71	95	108	76	70	121	71	118	
	1 min	107	94	78	114	75	89	116	83	71	108	75	113	
	2 min	117	94	77	124	77	93	103	90	80	118	84	114	
	3 min	122	94	66	115	75	96	105	92	79	104	86	115	
	4 min	121	91	68	115	81	94	118	88	68	110	78	103	
5 min	113	90	63	120	87	91	116	80	73	126	80	87		
3														
liegen stehen		66	57	114	51	97		92	81	57	112	74	129	
	0 min	83	61	93	30	123		102	96	70	86	48	148	
	1 min	77	73	113	46	100		104	88	77	78	54	83	
	2 min	88	102	95	23	95		100	83	73	79	54	63	
	3 min	82	95	orthostat. Reakt.				106	84	82	orthostat. Reakt.			
	4 min	83	75	99	59	110		109	92	82				
5 min	79	61	104	64	99		107	94	90					

Orthostatetest

VP-Nr.	Bad	vor Sauna 80° C			nach Sauna 80° C			vor Sauna 90° C			nach Sauna 90° C		
		RR _S	RR _D	HF	RR _S	RR _D	HF	RR _S	RR _D	HF	RR _S	RR _D	HF

4

liegen		100	59	73	104	63	83	105	79	61	98	58	83
stehen	0 min	99	81	78	93	70	99	102	75	67	103	72	98
	1 min	102	84	85	94	75	105	100	82	73	105	57	100
	2 min	98	85	91	98	77	99	98	78	78	101	75	94
	3 min	100	83	88	87	81	117	104	87	80	98	84	96
	4 min	101	85	93	95	83	112	105	80	74	100	80	92
	5 min	105	75	72	89	79	110	101	77	92	95	83	111

11

liegen		40	84	107	35	94		104	47	82	99	38	95
stehen	0 min	50	91	121	53	94		96	72	81	79	44	124
	1 min	59	84	92	52	111		112	80	119	86	41	115
	2 min	47	84	102	55	111		114	80	90	74	32	107
	3 min	52	82	91	54	102		101	72	79	Orthostat. Reakt.		
	4 min	57	97	77	57	93		112	58	88			
	5 min	59	90	80	52	103		96	86	72			

14

liegen		94	31	79	107	13	59	97	48	44	125	25	63
stehen	0 min	98	61	47	118	24	71	109	58	57	107	47	103
	1 min	106	54	48	116	47	85	113	65	63	112	61	104
	2 min	104	56	66	107	58	85	105	54	56	103	59	86
	3 min	59	79	114	70	67		107	86	51	98	72	106
	4 min	52	52	110	64	60		103	66	64	104	72	74
	5 min	53	56	106	53	62		100	80	65	96	79	104

Orthostatetest

VP-Nr.	Bad	vor Sauna 80° C			nach Sauna 80° C			vor Sauna 90° C			nach Sauna 90° C		
		RR _S	RR _D	HF	RR _S	RR _D	HF	RR _S	RR _D	HF	RR _S	RR _D	HF
15													
liegen stehen		123	57	55	125	58	71	107	76	66	132	50	123
	0 min	74	59	122	79	84		118	75	65	118	35	149
	1 min	76	63	117	88	107		123	80	70	123	45	143
	2 min	118	80	63	125	82	86	121	84	83	108	67	133
	3 min	121	73	63	123	82	71	121	74	76	106	46	141
4 min	123	74	64	125	82	72	116	85	89	118	64	119	
5 min							126	83	74		116	74	118
16													
liegen stehen		102	70	48	101	38	49	88	58	46	105	46	67
	0 min	104	77	41	102	70	62	108	64	44	104	54	98
	1 min	106	89	45	106	65	64	104	69	48	107	47	90
	2 min	102	78	45	108	76	64	96	75	53	103	63	99
	3 min	102	78	48	97	77	66	106	77	48	110	74	84
4 min	103	81	50	96	82	66	109	59	49	99	73	71	
5 min	113	79	56	110	76	58	101	73	47		109	80	83
20													
liegen stehen		87	75	62	86	54	68	104	61	71	97	53	83
	0 min	97	81	76	90	51	96	109	59	86	101	61	90
	1 min	79	69	65	83	69	110	109	64	82	97	59	102
	2 min	87	76	65	81	78	115	119	58	72	93	68	113
	3 min	92	84	45	84	72	115	105	54	90	92	67	109
4 min	86	81	68	87	68	98	113	67	86	87	66	109	
5 min	84	66	85	89	52	85	105	61	86		110	66	103

DANKSAGUNG

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. H. Drexel, Vorstand des Instituts für medizinische Balneologie und Klimatologie der Universität München für die Überlassung des Themas sowie die Anleitung und stete Hilfsbereitschaft bei der Durchführung dieser Arbeit.

Ebenso danke ich Herrn Dr. med. A. Gehrke für die Anleitung bei der Durchführung der Versuchsreihe, sowie für die Unterstützung bei der Konzeption dieser Arbeit.

Danken möchte ich auch Herrn Dr. med. V. Ulbert für die Vermittlung der Nutzungsmöglichkeit eines Reaktionszeitmeßgerätes.

Weiterhin gilt mein Dank auch Herrn PD Dr. Dr. Dipl.-Phys. J. Kleinschmidt für seine Hilfe und Beratung in allen Sachfragen der Statistik.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Dr. med. P. Kröling für seine Unterstützung sowie für seine konstruktiven Anregungen, die mir eine große Hilfe waren.

Danken möchte ich auch Herrn Brummer für die Erstellung der Photographien.

Schließlich gilt mein Dank meinen Mitdoktoranden Johanna Ostermeier und Gerd Kohler für ihre kameradschaftliche Zusammenarbeit.

LEBENS LAUF

- 1954 geboren am 20. Februar als Sohn des Uhrmacher-
 meisters Hans Scheich und dessen Ehefrau Helga,
 geborene Arnold, in Balingen/Württ.
- 1960 - 1965 Besuch der ev. Goethe-Schule, Augsburg
- 1965 - 1971 Besuch des Holbein-Gymnasiums in Augsburg
 mit Abschluß der mittleren Reife
- 1971 - 1974 Berufsausbildung zum Chemielaboranten bei
 der Hoechst AG, Gersthofen
- 1974 tätig als Chemielaborant
- 1974 - 1977 zweiter Bildungsweg am Bayernkolleg, Augsburg,
 mit Abitur
- 1979 im Sommersemester Beginn des Studiums der Human-
 medizin an der Ludwig-Maximilians-Universität
 München
- 1985 19. November: Approbation als Arzt

